

PAPER NAME

**Turnitin Skripsi Ngurah - IGUSTI NGURA  
H ARYA DWIPAYANA.pdf**

AUTHOR

**I Gusti Ngurah Arya Dwipayana**

WORD COUNT

**13835 Words**

CHARACTER COUNT

**85664 Characters**

PAGE COUNT

**63 Pages**

FILE SIZE

**1.9MB**

SUBMISSION DATE

**Sep 10, 2024 6:09 PM GMT+8**

REPORT DATE

**Sep 10, 2024 6:11 PM GMT+8**

### ● 10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 10% Internet database
- 0% Publications database

### ● Excluded from Similarity Report

- Crossref database
- Submitted Works database
- Quoted material
- Small Matches (Less than 12 words)
- Crossref Posted Content database
- Bibliographic material
- Cited material

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

<sup>2</sup>Penerangan jalan umum (PJU) merupakan aspek penting dalam tata kelola suatu daerah atau kota. PJU berfungsi sebagai panduan navigasi bagi pengguna jalan di malam hari, meningkatkan keamanan dan keselamatan jalan, menambah nilai estetika, serta memberikan nilai tambah ekonomi bagi suatu daerah[1]. Dengan adanya PJU, pengguna jalan menjadi lebih berhati-hati saat berkendara, terutama di malam hari. Selain itu, mereka juga merasa lebih aman karena pencahayaan yang memadai membantu mengurangi risiko kecelakaan dan tindak kriminalitas di jalan raya. Namun, banyak penggunaan <sup>3</sup>PJU di Indonesia yang masih menggunakan sumber listrik dari PT. PLN. Sumber energi yang dihasilkan masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Ketergantungan ini menyebabkan masalah lingkungan seperti polusi udara dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil juga memiliki risiko ketidakstabilan harga dan pasokan yang dapat mempengaruhi keberlanjutan energi di masa depan. Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran akan perlunya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan telah meningkat. Penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya menjadi alternatif yang menarik untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional yang berbasis fosil. Penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil ini juga merupakan faktor utama dalam peningkatan emisi karbon di dunia yang menyebabkan polusi udara, pemanasan global dan berbagai dampak lingkungan negatif lainnya.

Jalan Dewi Sartika merupakan jalan lokar primer yang berada di pusat Kota Singaraja dan sangat membutuhkan penerangan yang memadai untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, baik itu pengendara kendaraan bermotor maupun pejalan kaki. Saat ini, Jalan Dewi Sartika sudah terpasang lampu penerangan jalan di sepanjang jalurnya, memberikan penerangan yang cukup baik bagi para pengguna jalan. Namun, ada beberapa titik lampu yang tidak berfungsi dengan baik dan memerlukan perbaikan segera agar dapat beroperasi kembali dengan optimal. Perbaikan ini penting untuk memastikan keamanan dan kenyamanan bagi semua pengguna jalan, termasuk pejalan kaki dan pengendara kendaraan bermotor. Beberapa titik PJU yang terpasang di Jalan Dewi Sartika saat ini belum sesuai dengan standarisasi BSN SNI 7391:2008 tentang Penerangan Jalan Umum dalam Kota. Standar ini mengatur bahwa

lampu jalan harus memiliki rata-rata intensitas penerangan tertentu untuk memastikan visibilitas yang memadai. Namun beberapa lampu yang terpasang tersebut memiliki rata-rata intensitas penerangan di diluar standar yang berlaku yaitu 2-5 Lux. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji ulang dan memperbarui sistem penerangan jalan di area ini agar sesuai dengan standar yang ditetapkan guna meningkatkan keselamatan dan kenyamanan bagi semua pengguna jalan.

Selain itu, PJU di Jalan Dewi Sartika juga masih memanfaatkan listrik dari PT. PLN sebagai sumber energi utamanya, yang berarti adanya ketergantungan pada pasokan listrik konvensional. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memastikan bahwa seluruh lampu penerangan jalan berfungsi optimal dan mempertimbangkan penggunaan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk masa depan.

Kota Singaraja, yang terletak di wilayah tropis dengan cahaya matahari yang cukup sepanjang tahun, memiliki potensi yang sangat baik untuk menghasilkan energi surya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan umum. Dengan sinar matahari yang melimpah dan kondisi cuaca yang mendukung, kota ini dapat memanfaatkan sumber daya alamnya untuk mengembangkan sistem energi berkelanjutan. Berdasarkan data pengukuran Global Solar Atlas, radiasi matahari di Kota Singaraja adalah 5.499 kWh/kWp per hari[2], yang menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki kapasitas tinggi untuk memproduksi energi surya. Potensi energi surya yang relatif tinggi ini tentunya merupakan potensi besar yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan memanfaatkan energi surya menjadi energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga surya atau yang biasa dikenal dengan PLTS secara maksimal. Pembangunan sistem penerangan jalan umum dengan tenaga surya di Jalan Dewi Sartika dapat memberikan manfaat jangka panjang dalam hal penghematan biaya operasional dan pemeliharaan dibandingkan dengan sistem penerangan konvensional yang menggunakan listrik dari jaringan PLN. Melalui penggunaan energi terbarukan, proyek ini tidak hanya akan memberikan manfaat praktis dalam hal penerangan jalan, tetapi juga akan memberikan kontribusi positif yang signifikan terhadap Pemerintah Indonesia dalam mencapai proporsi energi baru terbarukan dalam rencana umum energi nasional sebesar 23% dari total sumber energi pada tahun 2025[3]. Selain itu, proyek ini diharapkan dapat menjadi contoh bagi inisiatif serupa di masa depan, mendorong inovasi dan penggunaan teknologi ramah lingkungan yang lebih luas. Dengan demikian, proyek ini tidak hanya bermanfaat dalam jangka pendek, tetapi juga memiliki dampak jangka panjang yang mendukung keberlanjutan dan kebijakan energi hijau di Indonesia.

Dengan mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, penelitian dan perencanaan penerangan jalan umum dengan tenaga surya di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja menjadi topik yang relevan dan penting untuk dieksplorasi lebih lanjut dalam skripsi ini. Penelitian ini akan mencakup perencanaan Pembangunan PJUTS, penghitungan anggaran biaya pembangunan PJUTS serta untuk mengetahui perbandingan investasi dan biaya operasional PJUTS dibandingkan dengan PJU konvensional. Selain itu, perencanaan yang matang dan komprehensif akan dilakukan untuk memastikan bahwa penerangan jalan yang diimplementasikan dapat memberikan manfaat maksimal bagi masyarakat sekitar. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi inovatif dan berkelanjutan yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ekonomis dan praktis untuk diterapkan di kota-kota lain di Indonesia.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat dalam pembuatan skripsi ini yaitu.

- a. Bagaimana kondisi penerangan jalan umum di Jalan Dewi Sartika saat ini?
- b. Bagaimanakah perencanaan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja sesuai standarisasi BSN SNI 7391:2008?
- c. Bagaimanakah perbandingan biaya investasi dan biaya operasional PJUTS dengan PJU PLN yang direncanakan di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk dapat menghasilkan penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan dan luasnya cakupan masalah penelitian, maka penelitian ini dibatasi sesuai judul dan materi yang dibahas. Berikut adalah batasan masalah yang di buat:

1. Penelitian dilakukan untuk merencanakan pembangunan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) menggunakan aplikasi DIALux pada Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja.
2. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbandingan biaya investasi dan biaya operasional antara PJU PLN dengan PJUTS di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja.
3. Biaya investasi yang dimaksud adalah total harga komponen yang digunakan dalam perencanaan pembangunan PJUTS dan PJU Konvensional
4. Lokasi objek penelitian ini dilakukan di sepanjang Jalan Dewi Sartika Utara dan Jalan Dewi Sartika Selatan, Kota Singaraja.

2

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi penerangan jalan umum di Jalan Dewi Sartika saat ini.
2. Dapat merencanakan pembangunan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja sesuai standarisasi BSN SNI 7391:2008.
3. Untuk mengetahui perbandingan biaya investasi dan biaya operasional PJUTS dengan PJU PLN yang direncanakan di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja

1

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat dari diadakannya penelitian ini, yaitu :

##### **a. Manfaat aplikatif**

Penelitian ini diharapkan mampu mendorong pihak yang bersangkutan untuk tidak hanya mempertimbangkan, tetapi juga mengimplementasikan penggunaan energi terbarukan secara lebih luas dan konsisten. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai pentingnya pengurangan emisi karbon sebagai langkah nyata dalam melawan perubahan iklim. Dengan demikian, diharapkan adanya peningkatan kesadaran akan pentingnya penghematan energi yang tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan, tetapi juga bagi keberlanjutan ekonomi di masa mendatang..

##### **b. Manfaat akademik**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam penambahan ilmu pengetahuan, khususnya bagi bidang Teknik Otomasi. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan bacaan yang bermanfaat di perpustakaan Politeknik Negeri Bali, sehingga dapat memperkaya sumber daya literatur yang tersedia. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan referensi yang berharga bagi mahasiswa lain yang sedang atau akan melakukan penelitian serupa, membantu mereka dalam memahami dan mengembangkan topik yang berkaitan.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Dalam pembuatan Skripsi ini, penulis menggunakan sistematika sesuai pedoman yang berlaku di Politeknik Negeri Bali sebagai berikut:

BAB I            PENDAHULUAN

Bab ini berisikan gambaran umum mengenai Skripsi yang diangkat. Di dalamnya terdiri dari latar belakang masalah yang menjelaskan alasan pentingnya penelitian ini dilakukan. Terdapat juga rumusan masalah yang merinci pertanyaan-pertanyaan kunci yang akan dijawab melalui penelitian ini. Batasan masalah juga disertakan untuk memperjelas lingkup dan fokus penelitian agar tidak keluar dari topik yang dibahas. Tujuan penelitian diuraikan untuk menunjukkan apa yang ingin dicapai dari penelitian ini. Manfaat penelitian juga dijelaskan untuk memberikan gambaran tentang kontribusi yang dapat diberikan oleh penelitian ini bagi ilmu pengetahuan dan praktik di lapangan. Sistematika penulisan memberikan panduan mengenai struktur dan alur pembahasan dalam Skripsi ini, sehingga pembaca dapat mengikuti dengan lebih mudah dan terstruktur.

## BAB II LANDASAN TEORI

<sup>1</sup> Bab ini memuat tentang semua teori-teori yang dipergunakan sebagai bahan acuan serta pendukung yang berhubungan dengan pembuatan dari Skripsi ini. Teori-teori tersebut mencakup kajian pustaka yang telah dilakukan sebelumnya, konsep-konsep dasar yang relevan, serta berbagai pandangan ahli yang mendukung topik penelitian ini. Selain itu, bab ini juga akan menjelaskan bagaimana teori-teori tersebut diaplikasikan dalam konteks penelitian, memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai latar belakang dan signifikansi studi yang dilakukan. Dengan demikian, pembaca akan mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai landasan teoretis yang menjadi dasar dari skripsi ini.

## BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci bagaimana penelitian ini bisa berjalan dengan lancar, termasuk metode-metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Metode-metode tersebut meliputi berbagai teknik pengambilan data yang cermat dan sistematis, serta teknik analisis data yang mendalam dan komprehensif. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat

memberikan wawasan yang lebih mendalam dan akurat mengenai topik yang dibahas.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini, akan dijelaskan secara rinci mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini melibatkan berbagai metode dan pendekatan untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan relevan. Segala temuan yang diperoleh dari penelitian ini akan disajikan secara terperinci, mencakup berbagai aspek yang ditemukan selama proses penelitian. Temuan ini meliputi data kuantitatif yang dianalisis menggunakan teknik analisis data yang tepat.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Jawaban dari rumusan masalah akan disajikan pada bab ini berupa kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan secara mendalam dan komprehensif. Kesimpulan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai hasil yang telah dicapai selama proses penelitian. Selain itu, saran akan disajikan dengan tujuan agar dilakukan penelitian lebih lanjut yang lebih mendetail dan meluas untuk menyempurnakan hasil yang telah diperoleh sebelumnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka merupakan referensi yang sangat penting mengenai teori-teori penunjang yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan publikasi lainnya. Sumber-sumber referensi ini digunakan oleh penulis dalam pembuatan Skripsi ini untuk mendukung argumen, memberikan konteks, dan memperkuat analisis yang disajikan. Dengan adanya daftar pustaka yang lengkap dan terstruktur, penulis dapat menunjukkan kredibilitas dan kevalidan penelitian yang dilakukan, serta memberikan panduan bagi pembaca yang ingin mempelajari lebih lanjut mengenai topik yang dibahas.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Sebelumnya**

Penelitian oleh Made Tirta Yasa dan Ivany Sarief dengan judul “Perencanaan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dan Simulasi DIALux (Studi Kasus Jalan Kolonel Matsuri Cimahi)” merupakan sebuah kajian mendalam yang berfokus pada pembangunan PJUTS dengan menggunakan simulasi DIALux. Dalam penelitian tersebut, dilakukan perencanaan pembangunan PJUTS untuk mempermudah perencanaan seperti menentukan jumlah tiang yang diperlukan, jenis lampu yang digunakan, serta melakukan simulasi sistem penerangan jalan agar sesuai dengan standar yang berlaku di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem penerangan jalan yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan[4].

Penelitian juga dilakukan oleh Adytia dkk. untuk membuat perencanaan PJUTS di Dusun Karang Tengah, Desa Jatisari, Kabupaten Lumajang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui intensitas iradiasi sinar matahari yang sudah diukur sebelumnya. Pada saat cuaca cerah, intensitas sinar matahari tercatat sebesar 900-1400 W/m<sup>2</sup>, sementara pada saat cuaca mendung intensitasnya menurun menjadi sekitar 300-900 W/m<sup>2</sup>. Selain itu, daerah tersebut juga belum mendapatkan aliran listrik dari PLN, yang membuat kebutuhan akan PJUTS semakin mendesak. Dalam penelitian tersebut, perhitungan dasar pencahayaan masih dilakukan secara manual menggunakan rumus-rumus yang sudah dijadikan acuan sebelumnya. Metode manual ini, meskipun dapat digunakan, memiliki tingkat akurasi yang kurang dibandingkan jika menggunakan perhitungan dengan aplikasi. Penggunaan aplikasi dalam perhitungan diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan efisien, sehingga perencanaan PJUTS dapat dilakukan dengan lebih baik. Penelitian ini sangat penting untuk memastikan bahwa penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) dapat diimplementasikan dengan optimal di daerah yang belum terjangkau listrik konvensional[5].

Indra Bayu Sukma (2016), dalam penelitiannya berjudul "Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Tenaga Surya (*Solar Cell*) Untuk Alternatif Penerangan Jalan Talang Pete Plaju Darat", mengemukakan bahwa Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) merupakan alternatif sumber energi listrik untuk penerangan. Dalam sistem PJUTS, matahari memainkan peran krusial. Panel surya mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses photovoltaic. PJUTS



menawarkan solusi penerangan yang efisien untuk area yang berada di luar jangkauan jaringan PLN, atau untuk mengoptimalkan biaya penerangan di daerah yang telah terjangkau. Sistem ini menggunakan lampu LED hemat energi, dengan suplai listrik dari baterai yang diisi ulang menggunakan energi matahari yang ditangkap oleh panel surya. Implementasi PJUTS memberikan manfaat signifikan bagi masyarakat, khususnya yang berdomisili di daerah terpencil tanpa akses ke jaringan PLN. Dengan adanya PJUTS, penduduk di area tersebut dapat memperoleh penerangan yang memadai pada malam hari, sehingga aktivitas mereka tidak terhambat oleh keterbatasan listrik. Lebih lanjut, penggunaan PJUTS berpotensi mengurangi ketergantungan pada listrik PLN dan menghasilkan penghematan biaya listrik dalam jangka panjang[6].

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan tersebut, pastinya terdapat kelebihan dan kekurangan salah satunya adalah perhitungan-perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) masih dilakukan secara manual, yang seringkali menghasilkan data yang kurang akurat. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi masalah tersebut. Oleh karena itu, diperlukan sebuah aplikasi yang dapat melakukan perhitungan dengan lebih tepat dan efisien untuk meningkatkan akurasi hasil perencanaan. Selain itu, penelitian ini juga hanya terbatas pada penghitungan rencana anggaran biaya pembangunan PJUTS, sehingga aspek-aspek lain yang mungkin penting seperti pemeliharaan dan keberlanjutan sistem belum dibahas secara mendetail. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk melengkapi dan menyempurnakan perencanaan PJUTS ini.

Berdasarkan tinjauan penelitian tersebut yang sudah dilakukan dan memiliki kelebihan serta kekurangan masing-masing, pada penelitian ini akan disempurnakan dengan melakukan perhitungan matematis secara mendalam menggunakan aplikasi DIALux yang dapat melakukan perhitungan dengan lebih tepat dan efisien untuk meningkatkan akurasi hasil perencanaan. Selain itu, penelitian ini juga akan melakukan analisis biaya ekonomi secara mendalam untuk melihat efisiensi dan efektivitas dari penggunaan penerangan jalan umum tenaga surya tersebut. Penelitian ini akan membandingkan hasil analisis tersebut dengan penerangan jalan umum konvensional dalam kurun waktu tertentu. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keuntungan dan kerugian dari penggunaan PJUTS dalam sistem penerangan jalan umum.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

Lampu penerangan jalan memiliki fungsi utama untuk memberikan pencahayaan yang memadai pada jalan raya di malam hari. Tujuannya adalah untuk meningkatkan visibilitas bagi pejalan kaki, pesepeda, dan pengendara kendaraan, sehingga mereka dapat melihat dengan lebih jelas medan yang akan dilalui[7]. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya merupakan suatu inovasi dalam infrastruktur perkotaan yang menggabungkan fungsi penerangan dengan teknologi energi terbarukan. Sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan pengguna jalan dan keamanan lingkungan sekitar, sambil memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utamanya untuk menghasilkan listrik.



**Gambar 2. 1.** Diagram PJUTS

Sistem ini menggunakan berbagai jenis komponen diantaranya modul *photovoltaic* (PV), lampu penerangan jalan umum, baterai, *inverter*, *controller* dan tiang penyangga. Keunggulan dari penggunaan penerangan jalan umum tenaga surya ini adalah tidak diperlukanya biaya tambahan untuk pembayaran listrik dan untuk meningkatkan kesadaran penggunaan energi terbarukan [8], [9]



**Gambar 2. 2.** Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya[10]

Penerangan jalan umum tenaga surya merupakan solusi inovatif untuk penerangan yang ramah lingkungan. Sistem ini dibagi menjadi dua jenis utama, masing-masing dengan karakteristik dan keunggulan tersendiri. Jenis pertama adalah penerangan jalan umum tenaga surya *all in one*, di mana semua komponen terintegrasi dalam satu unit kompak. Jenis kedua adalah penerangan jalan umum tenaga surya dengan komponen terpisah, yang memungkinkan fleksibilitas lebih dalam penempatan dan perawatan. Kedua jenis ini menawarkan efisiensi energi yang tinggi dan ketahanan jangka panjang, menjadikannya pilihan yang semakin populer untuk infrastruktur penerangan jalan modern.

### **2.2.2. Energi Surya**

Energi matahari, juga dikenal sebagai energi surya, merupakan sumber daya terbarukan yang dihasilkan dari radiasi elektromagnetik matahari. Energi ini dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui penggunaan teknologi panel surya, yang terdiri dari *cell photovoltaic* yang mampu mengubah foton dari sinar matahari menjadi arus listrik. Proses ini dikenal sebagai efek fotolistrik dan merupakan dasar dari teknologi solar yang kita kenal saat ini.

Pemanfaatan energi surya telah mengalami perkembangan pesat dan meluas di berbagai belahan dunia. Hal ini didorong oleh kesadaran global akan pentingnya sumber energi bersih dan terbarukan untuk mengatasi perubahan iklim dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan implementasi yang tepat dan dukungan infrastruktur yang memadai, sumber daya ini memiliki potensi besar untuk memenuhi sebagian besar

kebutuhan konsumsi energi global dalam jangka panjang. Para ahli memperkirakan bahwa dengan peningkatan efisiensi teknologi dan penurunan biaya produksi, energi surya dapat menjadi sumber energi utama di masa depan.

Saat ini, energi surya menjadi salah satu fokus utama pengembangan energi terbarukan yang aktif dipromosikan oleh pemerintah Indonesia. Hal ini tidak mengherankan, mengingat posisi strategis Indonesia sebagai negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa. Letak geografis ini memberikan Indonesia potensi energi surya yang sangat signifikan, dengan paparan sinar matahari yang relatif konstan sepanjang tahun. Pemerintah telah mencanangkan berbagai program dan insentif untuk mendorong adopsi teknologi surya, baik dalam skala industri maupun rumah tangga.

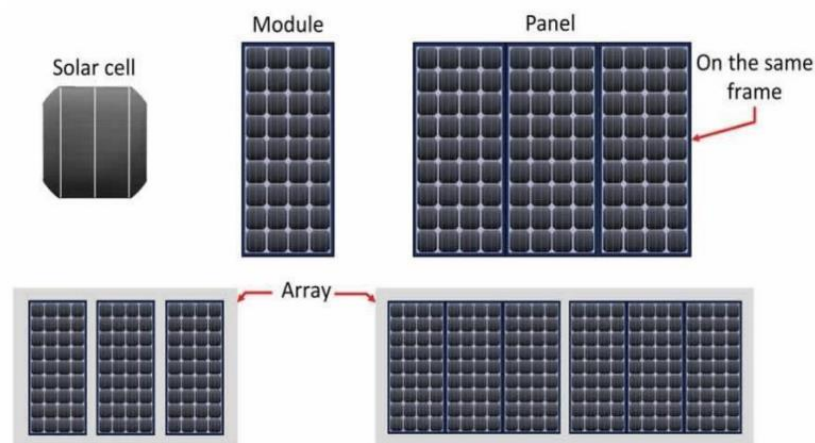
Aplikasi energi matahari tidak terbatas pada produksi listrik secara langsung melalui panel surya. Teknologi ini juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai sistem pemanasan dan pendinginan yang efisien. Misalnya, pemanas air tenaga surya dapat mengurangi konsumsi listrik rumah tangga secara signifikan. Selain itu, sistem pendingin yang menggunakan energi surya juga mulai dikembangkan, yang berpotensi menurunkan beban listrik untuk pendinginan ruangan di daerah tropis seperti Indonesia. Inovasi-inovasi ini menunjukkan fleksibilitas dan potensi luas dari pemanfaatan energi matahari dalam kehidupan sehari-hari.

Pemanfaatan energi surya salah satunya adalah untuk dijadikan sumber listrik pada penerangan jalan umum. Hal ini memiliki beberapa keunggulan yang sangat signifikan, yaitu:

- Energi surya merupakan sumber energi yang terbarukan dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca, sehingga sangat ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi fosil yang konvensional.
- Biaya operasionalnya relatif rendah karena sinar matahari adalah sumber energi yang gratis dan berlimpah.
- Dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan dan semakin lama semakin menipis.
- Meningkatkan reliabilitas sistem penerangan jalan umum, khususnya di wilayah-wilayah terpencil dengan akses terbatas terhadap infrastruktur listrik konvensional..
- Dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya energi bersih dan terbarukan, serta mendorong penggunaan teknologi energi hijau lainnya di berbagai sektor kehidupan.

### 2.2.3. Modul *Photovoltaic* (PV)

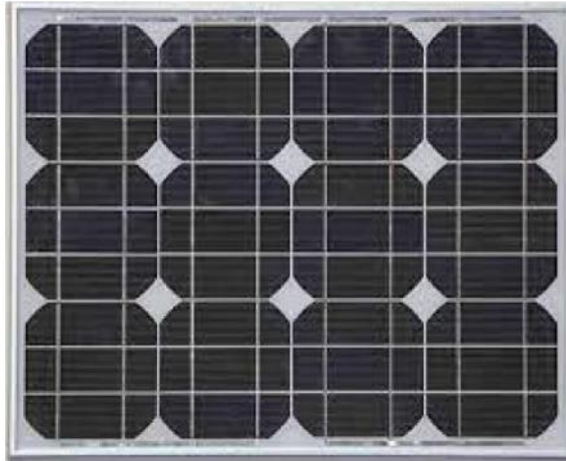
Modul *photovoltaic* adalah salah satu komponen yang paling penting dalam sistem PLTS, yang mampu mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses fotoelektrik[11]. Modul *photovoltaic* terdiri dari sejumlah sel *photovoltaic* yang saling terhubung secara seri dan diproduksi menjadi sebuah unit. Sel-sel tersebut dihubungkan oleh kawat busbar dan dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi (encapsulating material) yang melindungi sel-sel dari kontak langsung dengan lingkungan dan kekuatan mekanik yang dapat merusak sel-sel yang tipis. Kinerja kelistrikan modul *photovoltaic* dicirikan dengan kurva arus-tegangan (I-V). Kurva tersebut menjelaskan operasi arus dan tegangan modul *photovoltaic* pada radiasi sinar matahari dan suhu tertentu. Karena modul *photovoltaic* merupakan komponen utama dalam PLTS, kualitas modul *photovoltaic* yang baik sangatlah penting untuk mempertahankan operasional system.



**Gambar 2. 3.** Modul *Photovoltaic* [12]

#### a. Monokristalin

Modul PV monokristalin adalah jenis panel surya yang terbuat dari sel surya monokristalin. Sel surya monokristalin terbuat dari kristal silikon tunggal yang dipotong menjadi irisan tipis untuk membuat sel *photovoltaic*. Panel surya monokristalin seringkali memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan panel surya polikristalin karena struktur kristal tunggalnya menghasilkan lebih sedikit cacat pada susunan atom, sehingga elektron bergerak lebih bebas dan dapat menghasilkan listrik lebih efisien. Pada modul monokristalin memiliki efisiensi mengubah energi matahari menjadi listrik dengan tingkat efisiensi lebih tinggi, biasanya berkisar antara 15% hingga lebih dari 20%[13].



**Gambar 2. 4.** Modul Surya Monokristalin[13]

Modul PV monokristalin memiliki tampilan yang lebih seragam dan warnanya gelap, memberikan tampilan lebih estetik untuk instalasi panel surya. Umumnya memiliki umur lebih lama dan garansi lebih baik karena bahan baku lebih tahan lama.

b. Polikristalin

Modul surya polikristalin adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silikon block-cast. Proses pembuatannya melibatkan peleburan silikon mentah dan menuangkannya ke dalam cetakan persegi untuk membentuk blok besar yang kemudian dipotong menjadi wafer tipis. Elektron yang ada dalam modul ini sering kali terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel polikristalin, yang menyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan panel surya monokristalin. Panel surya monokristalin biasanya dibuat dari satu kristal silikon tunggal yang lebih murni, sehingga elektron dapat bergerak lebih bebas. Efisiensi modul polikristalin hanya berkisar antara 13% hingga 16% dalam mengubah sinar matahari menjadi energi listrik[14]. Selain itu, kinerja panel surya tipe ini juga dapat menurun saat cuaca panas ekstrem, dengan penurunan yang lebih besar dibandingkan jenis monokristalin, yang lebih tahan terhadap suhu tinggi. Oleh karena itu, meskipun modul polikristalin lebih terjangkau dan lebih mudah diproduksi, mereka mungkin kurang ideal di daerah dengan suhu tinggi yang konsisten

Panel surya jenis polikristalin memiliki harga yang lebih terjangkau dibandingkan dengan panel surya jenis monokristalin. Hal ini disebabkan oleh proses pembuatan panel surya polikristalin yang lebih sederhana, sehingga harganya lebih rendah dan biaya investasi untuk pembangkit listrik tenaga surya menjadi lebih ekonomis. Panel surya berfungsi untuk menyerap energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik dalam bentuk arus DC.

Kapasitas panel surya perlu mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk kebutuhan energi total, intensitas cahaya matahari, dan faktor koreksi. Faktor koreksi ini digunakan untuk memperhitungkan kerugian energi. Kerugian tersebut dapat dihitung menggunakan rumus berikut.:

$$Kapasitas\ panel = \frac{ET}{insolasi} \times 1,1 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$ET$  = energi total (Wh)

Untuk mengetahui jumlah modul yang diperlukan digunakan persamaan berikut:

$$\sum\ modul = \frac{ET}{E_{modul}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$\sum\ modul$  = jumlah modul

$E_T$  = energi total (Wh)

$E_{modul}$  = energi yang dihasilkan modul

#### 2.2.4. Baterai

Baterai adalah perangkat yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Peran utama baterai pada PLTS adalah menyediakan cadangan energi saat matahari tidak bersinar, seperti di malam hari atau saat cuaca mendung, terutama pada sistem PLTS *Off-grid* atau kombinasi. Dengan adanya baterai, energi listrik dari panel surya dapat disimpan dan digunakan kapan saja diperlukan, sehingga meningkatkan ketersediaan listrik dari PLTS.

Beberapa jenis baterai yang dapat digunakan pada sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya adalah sebagai berikut.:

a. Baterai *Lead Acid* (Asam Timbal)

Baterai *lead acid* atau asam timbal merupakan baterai yang menggunakan asam timbal sebagai material kimia penyusunnya. Baterai ini umumnya digunakan pada aplikasi seperti kendaraan bermotor, UPS (Uninterruptible Power Supply), baterai PLTS dan peralatan listrik lainnya yang memerlukan penyimpanan energi relatif besar.

Ciri utama baterai asam timbal adalah elektrolitnya terdiri dari larutan asam sulfat yang berfungsi sebagai media penghubung elektroda positif (timbal dioksida) dan elektroda negatif (timbal). Baterai ini dapat menghasilkan tegangan yang relatif tinggi dan mampu mengalirkan arus besar dalam jangka waktu singkat, meskipun cenderung memiliki siklus hidup yang lebih pendek dibandingkan baterai lain seperti baterai litium-ion. Baterai

asam timbal mempunyai beberapa keunggulan seperti biaya yang relatif murah dan mampu menanggapi beban yang besar, namun juga memiliki kelemahan seperti bobot yang berat, rentan terhadap kerusakan akibat debit yang dalam, serta mengandung bahan berbahaya seperti timbal dan asam sulfat yang memerlukan penanganan khusus. penanganan dalam pembuangan. dan daur ulang[15].

Contoh baterai *lead acid* yang sering digunakan yaitu VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*), AGM-SLA (*Absorbed Glass Matt-Sealed Lead Acid*), Gel-SLA (*Gel-Sealed Lead Acid*), *Deep Cycle Lead Acid*.

b. Baterai Lithium

Baterai lithium adalah jenis baterai yang dapat *recharge* dan tidak seperti baterai baterai Ni-Cd dan baterai Ni-MH, baterai ini merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak terdapat komponen yang berbahaya. Baterai litium memiliki beberapa keunggulan dibandingkan baterai sekunder jenis lainnya yaitu kekuatan penyimpanan power sangat baik (umur simpan lebih dari 10 tahun), kestabilan energi tinggi, tidak ada efek memori dan berat yang relatif lebih ringan dibandingkan jenis lainnya. Untuk berat yang sama, baterai litium menghasilkan energi dua kali lebih banyak dibandingkan baterai jenis lainnya[16]

Beberapa jenis baterai lithium yang sering digunakan yaitu *Lithium-Ion* (Li-Ion), *Lithium-Polymer* (LiPo), *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO4) dan *Solid State Lithium Battery*. Untuk menghitung kapasitas baterai agar sesuai dengan kapasitas panel surya dan beban output dapat menggunakan persamaan berikut[4]:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas (Wh)} &= I_{Ah} \times \text{Tegangan (V)} \dots\dots\dots \text{atau} \\ I_{Ah} &= \frac{E_T}{V_S} \dots\dots\dots (2.3) \end{aligned}$$

Dimana :

- $E_T$  = energi total (Wh)
- $I_{Ah}$  = kapasitas arus yang dibutuhkan (Ah)
- $V_S$  = tegangan sumber (V)

Suatu persyaratan yang membatasi tingkat kedalaman pengosongan baterai maksimum yang diberlakukan pada baterai disebut dengan Depth of Discharge (DOD) yang dinyatakan dalam persentase. Kapasitas baterai dengan mempertimbangkan faktor depth of discharge (DOD) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$DOD (\%) = \left(1 - \frac{\text{Kapasitas Total (Ah)}}{\text{Kapasitas yang Tersisa (Ah)}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$



Dimana:

- $I_{Ah}$  total = kapasitas total baterai (Ah)
- $I_{Ah}$  = kapasitas arus yang dibutuhkan (Ah)
- DOD = depth of discharge (%)

Setelah memahami kemampuan total baterai yang dibutuhkan dan kapasitas baterai per unit yang akan digunakan, kita bisa menentukan jumlah baterai yang diperlukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Sigma \text{baterai} = \frac{I_{Ahtotal}}{\text{kapasitas baterai per-unit}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

- $\Sigma_{baterai}$  = jumlah baterai (unit)
- $I_{Ah}$  total = kapasitas total baterai (Ah)

### 2.2.5. Charge Controller

*Charge Controller* adalah komponen yang mengontrol pengisian dan pengosongan penyimpanan dalam sistem PLTS. Manfaat utamanya adalah melindungi baterai dari *overcharging* (pengisian berlebih) dan *over-discharging* (pengosongan berlebih) yang dapat merusak baterai dan mengurangi masa pakainya[17]. Selain itu, perangkat ini juga memastikan bahwa baterai diisi dengan cara yang paling efisien dan aman, serta memantau status baterai secara terus-menerus. Dengan adanya charge controller, sistem PLTS dapat beroperasi dengan lebih efektif dan andal, sehingga energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat dimanfaatkan secara optimal. Perangkat ini sangat penting dalam menjaga kesehatan baterai dan memastikan bahwa baterai dapat bertahan lebih lama, mengurangi biaya perawatan dan penggantian yang mungkin diperlukan.

#### a. Fungsi Utama *Charge Controller*

*Charge controller* memiliki beberapa manfaat utama, yaitu:

- Mengatur pengisian baterai agar baterai tidak terisi melebihi kapasitas yang dianjurkan sehingga menghindari kerusakan akibat *overcharging*.
- Mengatur pengosongan baterai hingga titik yang dapat merusak sel-sel baterai dengan cara memutuskan aliran listrik ketika tegangan baterai turun ke level kritis.
- Menstabilkan tegangan dan arus dari panel surya ke baterai serta dari baterai ke beban (perangkat yang menggunakan energi listrik).
- Memberikan perlindungan terhadap berbagai kondisi abnormal seperti korsleting, arus balik dan lonjakan tegangan.

#### b. Tipe-Tipe *Charge Controller*

Ada dua tipe utama *Charge Controller* yang umum digunakan dalam sistem PLTS, yaitu:

- *Pulse Width Modulation (PWM) Controller:*

PWM mengontrol pengisian baterai dengan cara mengirimkan pulsa-pulsa tegangan yang sesuai dengan keadaan baterai. Ketika baterai mendekati kondisi penuh, *controller* akan mengurangi lebar pulsa untuk mengurangi arus pengisian. PWM memiliki keunggulan yaitu menggunakan teknologi yang lebih sederhana dan lebih murah, cocok untuk sistem kecil dengan kebutuhan daya yang rendah sedangkan kekurangannya yaitu memiliki efisiensi pengisian lebih rendah dibandingkan dengan MPPT.

- *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Controller:*

MPPT bekerja dengan cara mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan cara mengikuti titik daya maksimum (*Maximum Power Point*) pada kurva tegangan-arus (V-I) dari panel surya. *Controller* ini mengubah tegangan dan arus dari panel surya untuk mendapatkan daya maksimum yang dapat dihasilkan. MPPT memiliki keunggulan tingkat efisiensi pengisian lebih tinggi dan dapat meningkatkan efisiensi sistem hingga 30% dibandingkan dengan PWM, sangat efektif pada sistem dengan daya tinggi dan kondisi cuaca yang bervariasi. Namun MPPT lebih kompleks dan lebih mahal dibandingkan dengan PWM. Kapasitas arus pada *controller* dapat ditentukan dengan persamaan berikut[18]:

$$I_{cc} = \frac{P_{max}}{FF \times V_{oc}} \times 100\% + 80\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

- $I_{cc}$  = Arus *Charge Controller*
- $P_{maks}$  = Daya total sistem (W)
- FF = Fill Factor
- $V_{oc}$  = Tegangan Open Circuit (V)

### 2.2.6. Sistem Pengendali

Sistem pengendalian otomatis adalah suatu sistem pengendalian di mana peran subjek manusia digantikan oleh sebuah perangkat yang disebut *controller*. *Controller* ini memiliki tugas utama untuk mengatur pembukaan dan penutupan valve secara otomatis. Dalam konteks perencanaan penerangan jalan umum (PJU), terdapat dua jenis peralatan yang sering diimplementasikan, yaitu sensor cahaya (*Light Dependent Resistor* atau LDR) dan timer. Sensor cahaya berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan, sementara timer digunakan untuk mengatur waktu operasi sistem berdasarkan jadwal yang

telah ditentukan. Sistem otomatis yang umumnya direncanakan untuk PJU dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama, masing-masing dengan karakteristik dan fungsi yang berbeda.

a. Perlampu

Implementasi sistem otomatis untuk setiap lampu individual, dengan menempatkan satu sensor cahaya (*Light Dependent Resistor* atau LDR) atau satu pengatur waktu (*timer*) pada masing-masing unit lampu. Metode ini memungkinkan kontrol yang sangat presisi dan customisasi untuk setiap lampu, namun mungkin memerlukan investasi awal yang lebih besar serta pemeliharaan yang lebih kompleks karena banyaknya komponen yang terlibat.

b. Pergrup

Penggunaan sistem otomatis untuk sekelompok lampu yang terhubung pada satu panel distribusi. Metode ini melibatkan pemasangan satu sensor cahaya (*Light Dependent Resistor* atau LDR) atau satu pengatur waktu (*timer*) pada setiap panel, bukan pada setiap lampu individual. Dengan pendekatan ini, satu unit LDR atau timer bertanggung jawab untuk mengontrol seluruh beban lampu yang terhubung ke panel tersebut. Sistem ini menawarkan keseimbangan yang baik antara efisiensi dan kontrol, memungkinkan otomatisasi yang efektif sambil mengurangi kompleksitas dan biaya dibandingkan dengan sistem perlampu. Namun, fleksibilitas pengaturan untuk lampu individual mungkin berkurang dibandingkan dengan sistem perlampu.

c. Gabungan

Merupakan pendekatan yang menggabungkan keunggulan dari sistem perlampu dan pergrup. Dalam metode ini, sistem otomatis menggunakan kombinasi LDR dan *timer* yang dipasang secara strategis, baik pada lampu individual maupun pada kelompok lampu. Pendekatan ini memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar dalam pengaturan pencahayaan, sambil tetap mempertahankan efisiensi operasional. Dengan menggabungkan kontrol perlampu dan pergrup, sistem ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik area yang berbeda dalam suatu ruang atau bangunan. Hasilnya adalah sistem pencahayaan yang lebih responsif, hemat energi, dan dapat diandalkan, yang menawarkan keseimbangan optimal antara customisasi dan efisiensi biaya.

1. LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar otomatis berdasarkan sensor cahaya. Perangkat ini dilengkapi dengan mekanisme pengontrol cahaya internal. Ketika intensitas cahaya mencapai ambang batas tertentu, sensor cahaya akan menghasilkan reaksi elektronik yang menghubungkan tegangan sesuai dengan konfigurasi terminal-terminalnya.

Prinsip kerja LDR terhadap lampu yang dikendalikannya adalah sebagai berikut: Ketika cahaya mengenai permukaan LDR, resistor sebagai komponen utama akan secara otomatis meningkatkan nilai resistansinya. Akibatnya, arus listrik yang mengalir melalui resistor akan terhambat, menyebabkan lampu (sebagai beban) padam. Sebaliknya, ketika permukaan LDR tidak terpapar cahaya, beban akan menyala.



**Gambar 2. 5.** *Light Dependent Resistor*

## 2. *Timer Switch*

*Timer switch* adalah perangkat saklar otomatis yang beroperasi berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Perangkat ini berfungsi sebagai pengatur waktu, memungkinkan pengguna untuk menetapkan interval penundaan sesuai kebutuhan. Timer switch mengontrol aktivasi (ON) dan deaktivasi (OFF) berdasarkan jadwal 24 jam yang telah diprogram. Perangkat ini akan terus berfungsi selama ada aliran listrik ke kumparan timer. Penting untuk dicatat bahwa timer switch tidak mempengaruhi komponen lain dalam sistem.

Sebagai ilustrasi, dalam aplikasi penerangan, jika timer switch diatur untuk aktif dari pukul 18.00 hingga 06.00 (periode 12 jam), lampu akan beroperasi sesuai dengan pengaturan ini, terlepas dari kondisi pencahayaan lingkungan. Hal ini memastikan kontrol yang konsisten dan efisien atas sistem penerangan..



**Gambar 2. 6.** *Timer Switch*

### **2.2.7. Lampu Penerangan Jalan**

Lampu adalah suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan cahaya baik untuk penerangan umum maupun khusus. Cahaya yang dihasilkan oleh lampu digunakan untuk berbagai keperluan, seperti menerangi ruangan, jalan, atau area tertentu, serta tujuan dekoratif atau fungsional.

Penerangan jalan adalah suatu alat untuk penerangan jalan, trotoar, dan tempat umum lainnya pada malam hari. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan keselamatan, kenyamanan dan keamanan pengguna jalan dan warga sekitar. Saat merencanakan sistem penerangan jalan, hal tersebut harus mematuhi standar dan peraturan yang berlaku yang ditetapkan oleh lembaga setempat. Di Indonesia, peraturan dan standar tersebut disebut SNI (Standar Nasional Indonesia)[19]. Berdasarkan jenis sumber cahaya lampu penerangan jalan umum juga dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu lampu sodium, lampu merkuri dan lampu LED.

a. Lampu Mercury

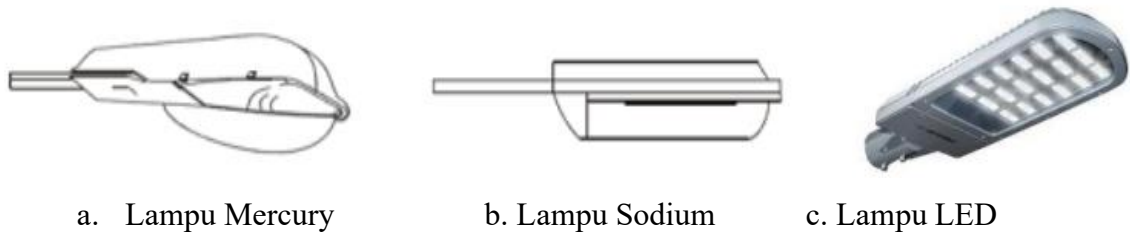
Lampu Mercury merupakan salah satu jenis lampu jalan yang lebih tua dan kurang efisien dibandingkan dengan teknologi yang lebih baru. Lampu ini memiliki warna cahaya yang dihasilkan putih kebiruan. Kekurangan lampu mercury adalah tidak hemat energi, umurnya pendek dan mengandung merkury yang berbahaya bagi lingkungan.

b. Lampu Natrium Tekanan Tinggi (HPS)

Merupakan lampu dengan efisiensi cahaya tinggi dan umur panjang. Cahaya yang dihasilkan berwarna kuning keemasan. Kekurangan lampu ini adalah rendering warna yang buruk dan memerlukan periode pemanasan sebelum mencapai kecerahan maksimal.

c. Lampu LED (Light Emitting Diode)

Lampu LED menggunakan dioda semikonduktor untuk menghasilkan cahaya dan tersedia dalam berbagai suhu warna dan efisiensi tinggi. Lampu LED memiliki keunggulan seperti konsumsi daya yang rendah, masa pakai yang sangat lama, efisiensi energi yang tinggi, produksi warna yang baik dan tahan terhadap perubahan cuaca namun membutuhkan biaya investasi awal lebih tinggi dibandingkan jenis lampu lainnya.



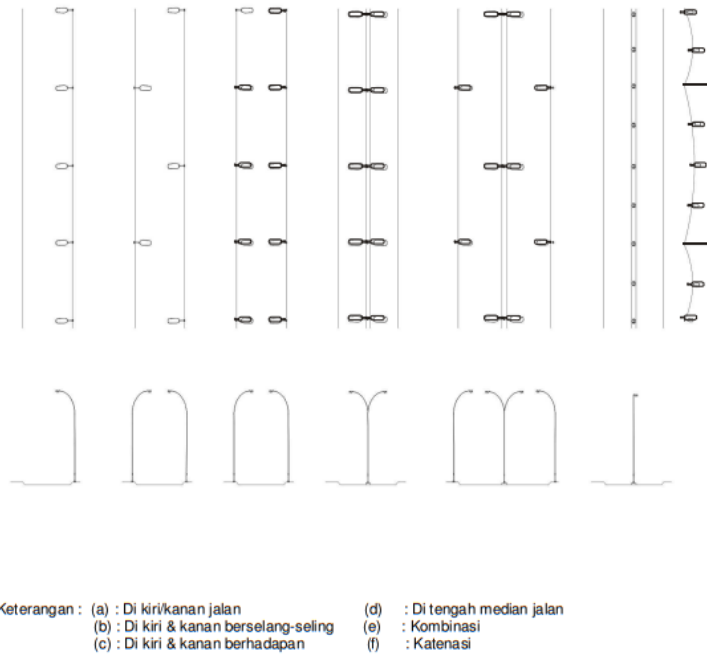
**Gambar 2. 7.** Jenis Lampu Penerangan Jalan[4]

### 2.2.8. Sistem Penataan Penerangan Jalan Umum

Penerangan Jalan Umum (PJU) mempunyai peranan penting dalam menjamin keselamatan, kenyamanan dan keamanan pengguna jalan pada malam hari. Sistem pencahayaan yang dirancang dengan baik tidak hanya meningkatkan visibilitas tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan dan kejahatan.

Penataan penerangan jalan umum sangat penting dilakukan agar memperoleh hasil pencahayaan yang optimal. Berdasarkan SNI 7391:2008, ada beberapa model penataan penerangan jalan umum yaitu sebagai berikut[20]:

1. Jalan Satu Arah
  - Di kiri/kanan jalan
  - Di kiri dan kanan berselang seling
  - Di kiri dan kanan berhadapan
  - Di bagian tengah jalan
2. Jalan Dua Arah
  - Di kiri/kanan jalan
  - Di kiri dan kanan berselang seling
  - Di kiri dan kanan berhadapan
  - Di tengah median jalan
  - Kombinasi
  - Katenasi



**Gambar 2. 8.** Sistem Penataan Penerangan Jalan Umum Dua Arah[20]

### 2.2.9. Klasifikasi Jenis Jalan

Jenis dan jumlah penerangan yang digunakan sebagai penerangan jalan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori berdasarkan fungsi dan karakteristik jalan. Kategori-kategori ini mencerminkan kebutuhan penerangan yang tidak sama sesuai dengan intensitas lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan konektivitas antar wilayah. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai kategori-kategori tersebut[21]:

#### 1. Jalan Arteri

Jalan ini didesain untuk mengakomodasi perjalanan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata yang tinggi. Fungsi utamanya adalah menghubungkan kota utama dengan kota jenjang kedua, memfasilitasi arus lalu lintas yang lancar dan efisien. Jalan arteri memerlukan penerangan yang memadai untuk menjamin keselamatan pengendara pada kecepatan tinggi, terutama di malam hari. Kategori ini lebih lanjut dibagi menjadi dua sub-kategori:

- a. Jalan arteri primer yaitu menghubungkan pusat-pusat kegiatan nasional atau antar provinsi.
- b. Jalan arteri sekunder yaitu menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau antar kawasan sekunder kesatu.

#### 2. Jalan Kolektor

Jalan ini dirancang untuk perjalanan jarak sedang dengan kecepatan rata-rata yang moderat. Perannya adalah menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua

lainnya atau dengan kota jenjang ketiga. Penerangan pada jalan kolektor harus mempertimbangkan keseimbangan antara visibilitas dan efisiensi energi. Jalan kolektor terbagi menjadi dua jenis:

- a. Jalan kolektor primer yaitu menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga.
  - b. Jalan kolektor sekunder yaitu menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan atau kawasan sekunder kedua.
3. Jalan Lokal

Kategori ini mencakup jalan-jalan yang digunakan untuk perjalanan jarak dekat dengan kecepatan rata-rata yang relatif rendah. Penerangan pada jalan lokal harus mempertimbangkan kebutuhan pejalan kaki dan pengendara sepeda, serta memperhatikan aspek keamanan lingkungan sekitar. Jalan lokal dibagi menjadi dua sub-kategori:

- a. Jalan lokal primer yaitu menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan.
  - b. Jalan lokal sekunder yaitu menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan perumahan.
4. Jalan Lingkungan

Jalan ini diperuntukkan bagi perjalanan jarak sangat dekat dengan kecepatan rata-rata yang rendah. Penerangan pada jalan lingkungan harus memperhatikan aspek keamanan dan kenyamanan penduduk setempat, serta mendukung aktivitas komunitas. Jalan lingkungan terbagi menjadi dua jenis:

- a. Jalan lingkungan primer yaitu menghubungkan antar persil dalam kawasan perumahan.
- b. Jalan lingkungan sekunder yaitu menghubungkan antar persil dalam lingkungan perumahan yang lebih kecil atau gang-gang kecil.

#### **2.2.10. Tiang Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya**

Tiang Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah struktur vertikal yang digunakan untuk mendukung lampu penerangan jalan. Tiang ini dirancang untuk menempatkan lampu pada ketinggian yang optimal, sehingga cahaya yang dihasilkan dapat menyebar secara merata dan efektif menerangi jalan serta area sekitarnya. Tiang penerangan jalan umum tenaga surya memiliki sedikit perbedaan bentuk dibandingkan tiang PJU konvensional karena memiliki bagian dudukan panel surya dan komponen lainnya.



Tiang penerangan jalan umum tenaga surya memiliki beberapa fungsi penting, antara lain:

- Untuk menempatkan lampu, solar panel dan komponen lainnya pada ketinggian yang tepat untuk memastikan distribusi cahaya yang merata dan mengurangi bayangan yang dapat mengganggu visibilitas.
- Mencegah pencurian atau vandalisme terhadap lampu dan komponen pendukung dengan menempatkannya di ketinggian yang sulit dijangkau.
- Menyediakan dukungan yang stabil dan kuat sehingga tahan terhadap angin, getaran, dan kondisi cuaca lainnya.
- Menambah nilai estetika pada lingkungan dengan desain yang dapat disesuaikan dengan gaya arsitektur sekitarnya.

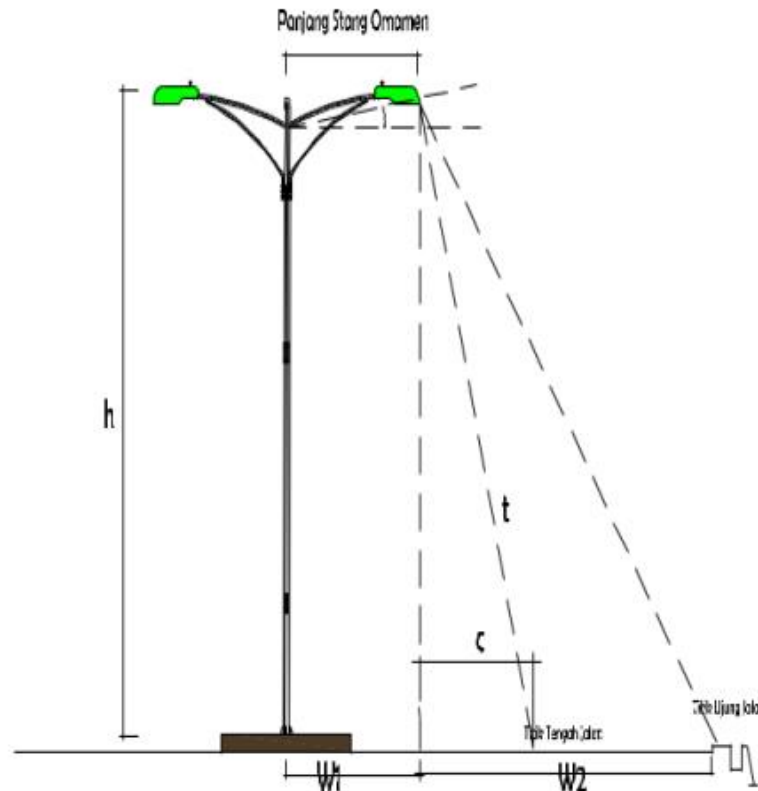
Tiang PJU dapat di klasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu tiang galvanis, tiang alumunium dan tiang beton. Berdasarkan bentuk lengannya, tiang PJU dibagi menjadi tiga yaitu tiang dengan lengan tunggal, tiang dengan lengan ganda dan tiang tanpa lengan. Desain pondasi tiang lampu jalan harus disesuaikan dengan kondisi tanah setempat, perkuatan pada dasar tiang juga harus disesuaikan, serta perencanaan pemilihan jenis tiang lampu dan pondasi yang akan digunakan.

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen sehingga titik yang penerangan mengarah ke tengah jalan, maka[22]:

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- h = tinggi tiang penerangan.
- t = jarak vertikal ujung penerangan ke titik tengah jalan.
- c = jarak horizontal ujung penerangan ke titik tengah jalan.
- W1 = jarak dari tiang penerangan ke ujung penerangan.
- W2 = jarak dari ujung penerangan ke ujung perkerasan jalan



**Gambar 2. 9.** Penentuan Sudut Kemiringan Stang Ornamen[4]

Sehingga untuk mendapatkan sudut kemiringan stang ornamen dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\cos \theta = \frac{h}{t} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana “ $\theta$ ” merupakan sudut kemiringan stang ornamen

Sedangkan jarak antara tiang lampu penerangan jalan berdasarkan tipikal distribusi pencahayaan yang telah ditetapkan BSN 2008 (Badan Standarisasi Nasional) untuk lampu jalan tenaga surya dengan tinggi tiang 7 Meter adalah 40 Meter. Jarak tersebut digunakan karena lampu LED 40 Watt tingkat pencahayaannya setara dengan lampu SOX 55 Watt, yang berarti bahwa meskipun daya yang dikonsumsi lebih rendah, efisiensi pencahayaan yang dihasilkan oleh lampu LED tersebut tetap optimal. Penentuan jarak ini juga mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti sudut distribusi cahaya, intensitas pencahayaan yang dibutuhkan di jalan, serta keterjangkauan biaya instalasi dan pemeliharaan lampu jalan.

Untuk menentukan jarak antar tiang penerangan jalan umum dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.1.** Spesifikasi Lampu PJU Terhadap Lebar Jalan [20]

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan ( m )								Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3,5 LUX
	5	35	35	35	35	35	34	32	-	
	6	42	40	38	36	33	31	30	29	
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6,0 LUX
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28	10,0 LUX
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39	
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	20,0 LUX
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20	30,0 LUX

**Tabel. 2.2.** Jenis dan Klasifikasi Fungsi Jalan [23]

No	Uraian	Besaran-Besaran
1	Tinggi Tiang Lampu (H)	10 – 15 m 13 m 20 – 50 m 30 m
	- Lampu Standar Tinggi Tiang Rata-Rata Digunakan - Lampu Menara Tinggi Tiang Rata-Rata Digunakan	
2	Jarak Interval Tiang Lampu (e)	3.0H – 3.5H 3.5H – 4.0H 5.0H – 6.0H 30 Meter
	- Jalan Arteri - Jalan Kolektor - Jalan Lokal - Minimum Jarak Interval Tiang	
3	Jarak tiang lampu ke tepi perkerasan (s1)	Minimum 0.7 m
4	Jarak tepi perkerasan ke titik penerangan terjauh (s2)	Minimum L / 2
5	Sudut inklinasi (i)	20° - 30°

### 2.2.11. Dasar Pencahayaan

Pencahayaan adalah proses penyediaan cahaya yang dirancang untuk memungkinkan penglihatan yang jelas dan nyaman bagi pengguna. Proses ini sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan kita sehari-hari, termasuk di rumah, tempat kerja, dan ruang publik. Pencahayaan yang tepat tidak hanya membantu kita melihat dengan lebih baik, tetapi juga dapat meningkatkan suasana hati dan produktivitas.

Dasar pencahayaan adalah panduan utama yang digunakan dalam merancang atau merencanakan suatu sistem pencahayaan. Panduan ini mencakup berbagai aspek teknis dan

estetika yang harus dipertimbangkan agar sistem pencahayaan dapat berfungsi secara optimal. Misalnya, panduan ini dapat mencakup pemilihan jenis lampu, penempatan sumber cahaya, dan intensitas cahaya yang diperlukan.

Berikut adalah tabel SNI 7391:2008 mengenai pencahayaan pada ruas jalan di perkotaan. Standar ini memberikan pedoman khusus tentang bagaimana jalan-jalan harus diterangi untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi semua pengguna jalan, termasuk pengendara dan pejalan kaki. Dengan mengikuti standar ini, kita dapat memastikan bahwa pencahayaan jalan memenuhi persyaratan minimum untuk visibilitas dan keselamatan.

**Tabel 2.3.** Kualitas Pencahayaan Normal pada Ruas Jalan[20]

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Illuminasi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata-rata (cd/m <sup>2</sup> )	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal : - Primer - Sekunder	2 - 5 2 - 5	0,10 0,10	0,50 0,50	0,40 0,40	0,50 0,50	4 4	20 20
Jalan kolektor : - Primer - Sekunder	3 - 7 3 - 7	0,14 0,14	1,00 1,00	0,40 0,40	0,50 0,50	4 - 5 4 - 5	20 20
Jalan arteri : - Primer - Sekunder	11 - 20 11 - 20	0,14 - 0,20 0,14 - 0,20	1,50 1,50	0,40 0,40	0,50 - 0,70 0,50 - 0,70	5 - 6 5 - 6	10 - 20 10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Keterangan :  
g1 : E min/E maks  
VD : L min/L maks  
VI : L min/L rata-rata  
G : Silau (*glare*)  
TJ : Batas ambang kesilauan

Terdapat beberapa istilah dan rumus yang digunakan dalam merancang sistem pencahayaan untuk memastikan sistem tersebut sesuai dengan standar dan efisien. Berikut adalah istilah dan rumus yang umum ditemukan dalam dasar pencahayaan.

a. FLux Cahaya

Fluks cahaya (*luminous flux*) adalah ukuran total energi cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya dalam satu detik. Fluks cahaya diukur dalam satuan Lumen (lm).

Satu Lumen mewakili jumlah cahaya yang dipancarkan oleh satu sumber cahaya titik yang berada pada pusat bola dengan radius satu Meter dan memiliki intensitas cahaya sebesar satu Candela (cd).

Fluks cahaya dapat dinyatakan dalam beberapa bentuk, tergantung pada konteks penggunaannya. Salah satu rumus dasar untuk menghitung fluks cahaya adalah[1]:

$$\Phi = \omega \cdot I \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- $\Phi$  = fluks cahaya (lm)
- $\omega$  = sudut ruang dalam steradian (sr)
- $I$  = intensitas cahaya (cd)

Dari persamaan fluks cahaya diatas maka didapat persamaan intensitas cahaya berikut:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- $I$  = intensitas cahaya (cd)
- $\Phi$  = fluks cahaya (Lumen)
- $\omega$  = sudut ruang dalam steradian (sr) =  $4\pi$

b. Intensitas Penerangan (Illuminansi)

Intensitas penerangan, juga dikenal sebagai iluminansi (illuminance), adalah ukuran jumlah cahaya yang jatuh pada suatu permukaan per satuan luas. Intensitas penerangan diukur dalam satuan Lux (lx), di mana 1 Lux setara dengan 1 Lumen per Meter persegi ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Iluminansi menggambarkan seberapa terang permukaan yang diterangi oleh sumber cahaya. Ini adalah salah satu parameter penting dalam desain pencahayaan, karena menentukan tingkat visibilitas dan kenyamanan visual dalam suatu ruangan atau area tertentu. Untuk menghitung intensitas penerangan atau iluminasi dapat menggunakan persamaan berikut[4]:

$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- $E_{rata-rata}$  = Iluminansi rata-rata dalam Lux(lx)
- $\Phi$  = fluks cahaya (Lumen)
- $\eta$  = faktor utilitas (0.35)
- $MF$  = maintenance faktor/Light loss Factor (0,7-0,9)
- $W$  = lebar jalan (m)

$S$  = jarak antar tiang (m)

Untuk menghitung besar iluminasi pada titik/koordinat tertentu digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana  $r$  adalah jarak dari titik pencahayaan ke titik P (titik yang diukur tingkat iluminasi).

Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat iluminansi di suatu area meliputi jarak sumber cahaya, distribusi cahaya, jenis lampu dan lingkungan sekitar.

c. Luminansi

Luminansi adalah ukuran intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan, atau ditransmisikan dari suatu permukaan dalam arah tertentu per satuan luas permukaan yang terlihat dari arah tersebut. Luminansi mengukur seberapa terang suatu permukaan terlihat oleh mata manusia dan diukur dalam Candela per Meter persegi ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

Luminansi yang terlalu besar akan menyilaukan pandangan mata. Dirumuskan dengan persamaan berikut[4]:

$$L = \frac{I}{A_s} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

$L$  = Luminansi ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$I$  = intensitas (cd)

$A_s$  = luas semua permukaan ( $\text{m}^2$ )

Dengan

$$A_s = A \cos \theta \dots\dots\dots (2.14)$$

Sehingga didapat persamaan berikut:

$$L = \frac{I}{A \cos \theta} \dots\dots\dots (2.15)$$

d. Efikasi

Efikasi luminus (*luminous efficacy*) adalah ukuran efisiensi sebuah sumber cahaya dalam mengubah daya listrik yang dikonsumsi menjadi cahaya yang terlihat oleh mata manusia. Efikasi luminus dinyatakan dalam satuan Lumen per Watt ( $\text{lm}/\text{W}$ ). Efikasi luminus menunjukkan seberapa baik sumber cahaya menggunakan energi listrik untuk menghasilkan cahaya tampak. Sumber cahaya dengan efikasi luminus yang lebih tinggi lebih efisien, menghasilkan lebih banyak cahaya untuk jumlah daya listrik yang sama dibandingkan dengan sumber cahaya yang kurang efisien.

Efikasi luminus ( $\eta$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

- $\eta$  = efikasi luminus (lm/W)
- $\Phi$  = fluks cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya (Lumen, lm)
- $P$  = daya listrik yang dikonsumsi oleh sumber cahaya (Watt, W)

e. Menentukan Jumlah Titik Penerangan

Menentukan jumlah titik lampu yang diperlukan pada penerangan jalan umum tenaga surya di Jalan Dewi Sartika adalah sebuah proses penting yang memerlukan perhitungan cermat. Hal ini dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis yang mempertimbangkan berbagai faktor seperti luas area yang akan diterangi, intensitas cahaya yang dibutuhkan dan efisiensi lampu surya yang digunakan. Dengan demikian, kita dapat memastikan bahwa jalan tersebut akan mendapatkan penerangan yang memadai sepanjang malam, membantu meningkatkan keselamatan dan kenyamanan bagi para pengguna jalan. Berikut adalah persamaan yang digunakan[4]:

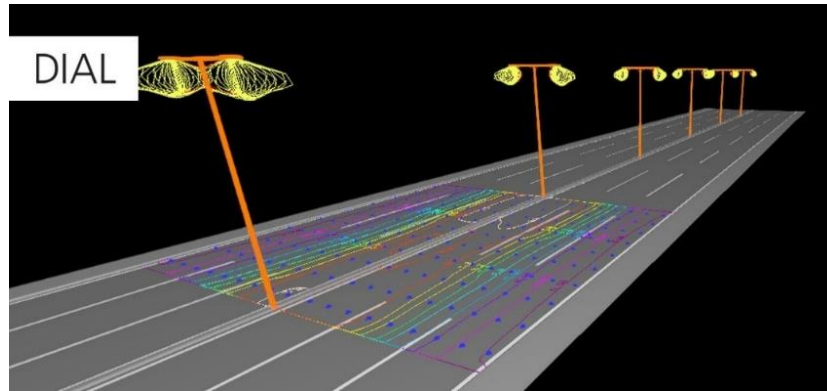
$$T = \frac{L}{S} + 1 \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana:

- $T$  = Jumlah titik lampu
- $L$  = Panjang total jalan (m)
- $S$  = Jarak antar tiang (m)

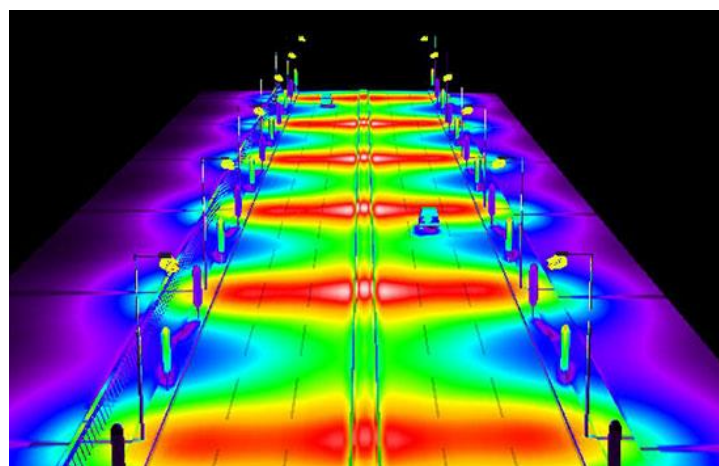
**2.2.12. Simulasi dengan DIALux**

Aplikasi DIALux merupakan perangkat lunak yang sangat berguna untuk merancang dan mengoptimalkan sistem penerangan jalan umum (PJU) serta berbagai sistem pengisian lainnya. DIALux adalah perangkat lunak berbasis CAD (computer-aided design) yang memungkinkan pengguna untuk merancang, mensimulasikan, dan menguji sistem penerangan jalan umum yang efektif, efisien, dan hemat energi[24]. Dengan menggunakan DIALux, para perancang dapat membuat desain yang rinci dan akurat untuk berbagai komponen sistem penerangan jalan, seperti lumener, tiang listrik, dan kabel. Selain itu, perangkat lunak ini juga memberikan berbagai alat analisis untuk memastikan bahwa desain yang dibuat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi biaya operasional, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Dengan fitur-fitur canggih yang dimilikinya, DIALux menjadi alat yang sangat penting bagi para profesional di bidang perancangan dan pengelolaan sistem penerangan jalan.



**Gambar 2. 10.** Perencanaan Lampu PJU dengan DIALux[25]

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan, perangkat lunak DIALux digunakan secara luas untuk membantu dalam perencanaan dan desain penerangan jalan umum. Penggunaan software DIALux memungkinkan para perencana untuk menghasilkan visualisasi 3D dan 2D yang sangat detail, serta menyediakan analisa pencahayaan yang komprehensif. Dengan bantuan software DIALux ini, proses perencanaan menjadi lebih mudah dan efisien, karena perangkat lunak ini dapat menambahkan berbagai informasi penting yang sebelumnya mungkin tidak didapatkan dari hasil perhitungan manual. Informasi tersebut antara lain meliputi nilai *Emaks* (intensitas pencahayaan maksimum), *Emin* (intensitas pencahayaan minimum), pemerataan pencahayaan (*uniformity*), serta menyediakan gambar visual 3D dari hasil perancangan yang memberikan gambaran yang lebih jelas dan mendetail tentang bagaimana sistem pencahayaan akan terlihat di lingkungan nyata. Dengan demikian, DIALux tidak hanya membantu dalam perhitungan teknis, tetapi juga dalam visualisasi dan analisis yang lebih mendalam.[4].



**Gambar 2. 11.** Analisis Kemerataan Pencahayaan pada Simulasi DIALux[26]



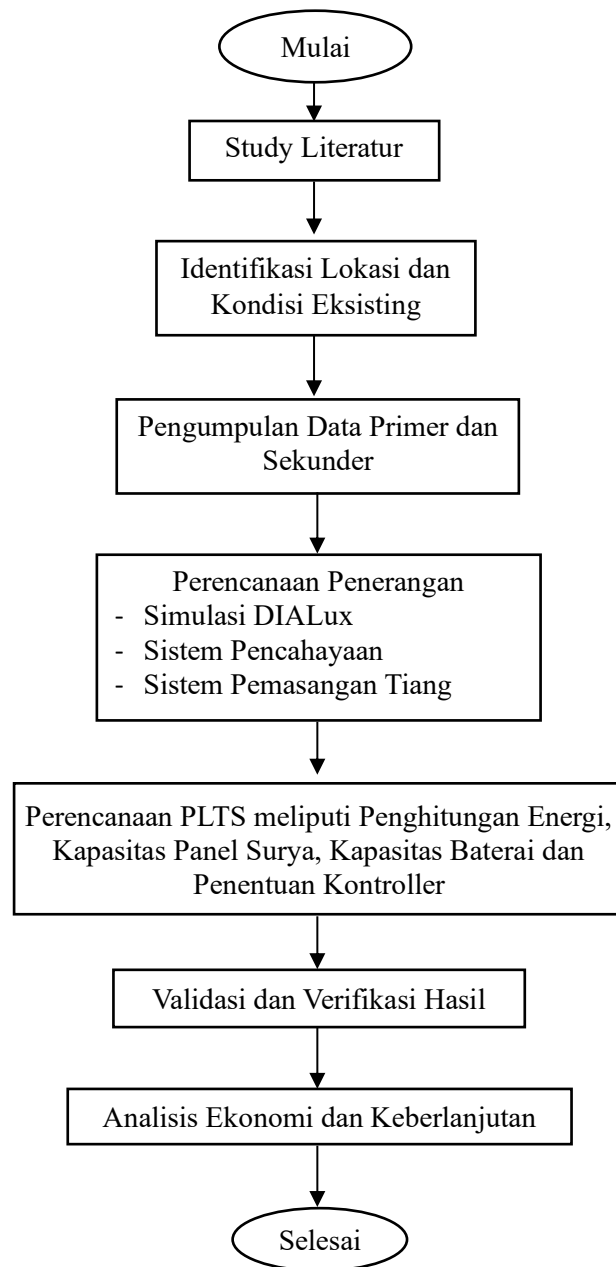
## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Rancangan Pengambilan Data

##### 3.1.1. Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan perencanaan penerangan jalan umum tenaga surya ini memerlukan pengembangan diagram alir yang bertujuan untuk memudahkan proses perencanaan. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini.



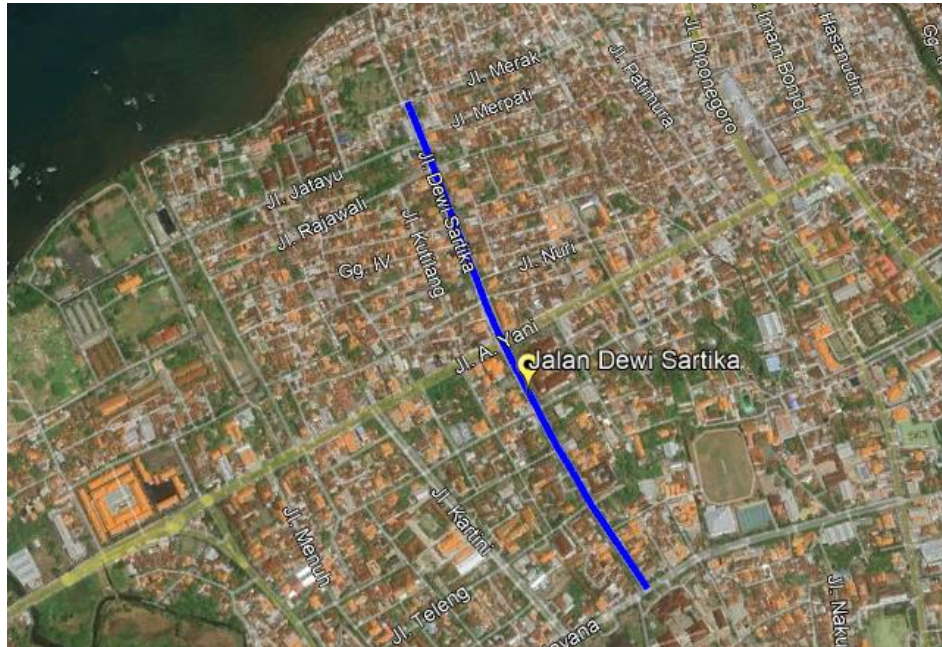
**Gambar 3. 1.** Diagram Alir Penelitian

a. Mulai Penelitian

Memulai proyek penelitian dengan perencanaan dan persiapan awal.

- b. Studi Literatur  
Mengumpulkan informasi dari berbagai literatur dan melakukan survei awal di lokasi.
- c. Identifikasi Lokasi dan Kondisi Eksisting  
Identifikasi lokasi penelitian dan evaluasi kondisi penerangan jalan eksisting. Data yang dikumpulkan berupa kondisi penerangan jalan saat ini serta spesifikasi dan kondisi jalan saat ini.
- d. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder  
Pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara dan sumber data sekunder. Data yang dikumpulkan yaitu riwayat penggunaan energi dan pembayaran listrik bulanan pada ruas jalan Dewi Sartika, Data irradiasi matahari di lokasi penelitian, spesifikasi teknis lampu tenaga surya dan komponen pendukung dari produsen, standar dan peraturan terkait penerangan jalan dari Kementerian Perhubungan dan Standar Nasional Indonesia (SNI).
- e. Perencanaan Penerangan  
Melakukan simulasi menggunakan aplikasi DIALux, Menganalisis kebutuhan pencahayaan dan menentukan titik sampel yang akan dianalisis. Impor data topografi dan tata letak ke DIALux, tempatkan lampu, dan atur parameter. Melakukan simulasi untuk mengevaluasi distribusi dan intensitas cahaya. Analisis hasil simulasi untuk memastikan pencahayaan yang optimal dan efisien.
- f. Perencanaan Sistem PJUTS  
Merencanakan sistem penerangan tenaga surya meliputi pemilihan panel surya, baterai, *controller*, tiang dan lampu yang akan digunakan agar memenuhi standarisasi SNI.
- g. Validasi dan Verifikasi Hasil  
Membandingkan hasil simulasi dengan kondisi lapangan
- h. Analisis Ekonomi dan Keberlanjutan  
Menganalisis perbandingan biaya investasi dan manfaat serta keberlanjutan sistem penerangan jalan umum tenaga surya dengan sistem penerangan jalan umum konvensional
- i. Penelitian Selesai  
Proyek perencanaan penerangan jalan umum tenaga surya selesai.

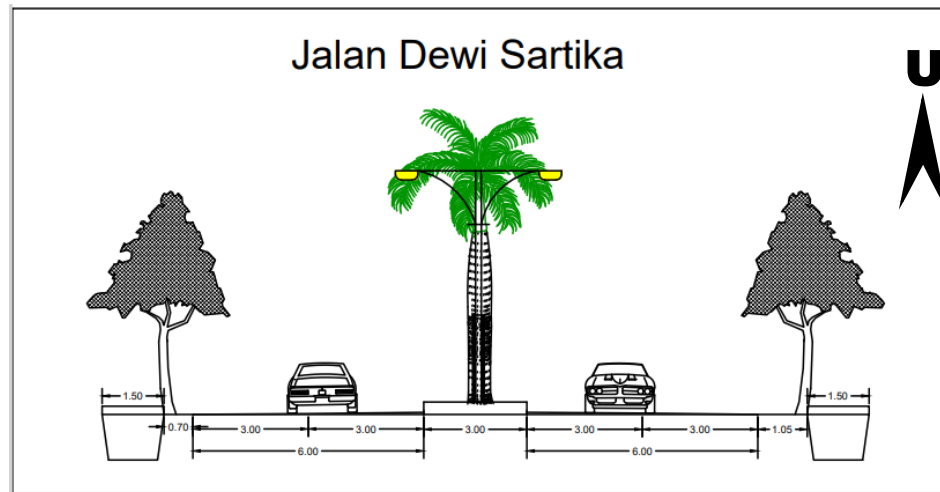
### 3.1.2. Lokasi Penelitian



**Gambar 3. 2.** Peta Lokasi Jalan Dewi Sartika[27]

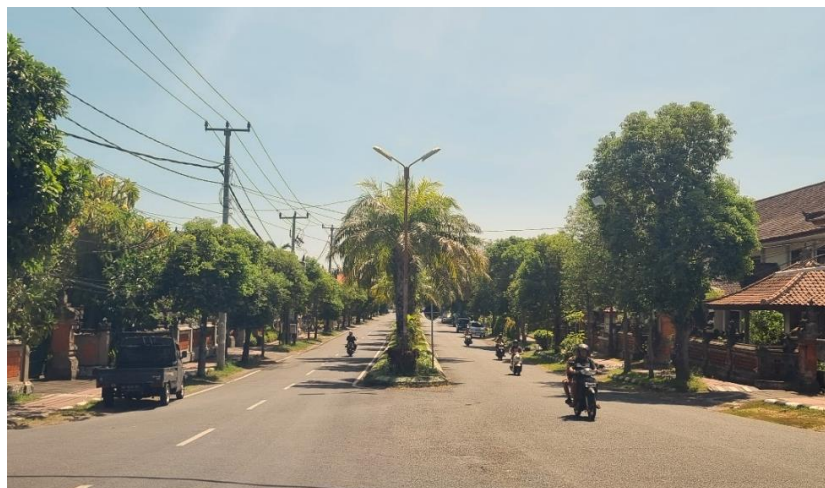
Penelitian ini dilakukan di sepanjang Jalan Dewi Sartika, yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu Jalan Dewi Sartika Utara dan Jalan Dewi Sartika Selatan. Kedua bagian ini terletak di tengah Kota Singaraja yang merupakan pusat kegiatan ekonomi dan sosial. Jalan Dewi Sartika memiliki status sebagai jalan Kabupaten dan termasuk jalan lokal sekunder, yang menjadikannya jalur vital untuk mobilitas penduduk dan sering digunakan sebagai rute utama angkutan barang dan kendaraan berat dari arah Gilimanuk menuju arah Karangasem atau Lombok. Selain itu, Jalan ini juga merupakan akses utama menuju Kawasan *Central Business District* (CBD), sebuah area penting yang menghubungkan berbagai jalan kolektor dan lokal lainnya, serta mendukung perekonomian daerah dengan menghubungkan berbagai pusat perdagangan dan bisnis.

Jalan Dewi Sartika memiliki panjang total 1.060 Meter dengan lebar jalan 12 Meter, dan lebar efektif jalan 3 Meter per lajur. Jalan ini terdiri dari 4 lajur dengan 2 jalur, masing-masing jalur memiliki lebar 6 Meter. Di tengah jalan, terdapat median jalan selebar 3 Meter yang memisahkan jalur-jalur tersebut, serta bahu jalan selebar 1,5 Meter di sepanjang jalan[28]. Ruas ini memiliki tipe hambatan samping sedang, dan tata guna lahan berupa komersial yang terdiri dari perkantoran, toko-toko, dan beberapa area parkir.



**Gambar 3. 3.** Gambar penampang melintang Jalan Dewi Sartika

Jalan Dewi Sartika memiliki kondisi perkerasan yang baik menggunakan aspal dan dilengkapi dengan rambu-rambu lalu lintas serta penerangan jalan umum yang terpasang dengan baik di sepanjang jalan. Penerangan ini sangat membantu dalam menjaga keselamatan pengguna fasilitas jalan dan trotoar yang cukup luas pada malam hari. Namun, penerangan jalan tersebut masih menggunakan sumber listrik dari PLN atau dengan kata lain menggunakan penerangan jalan konvensional, yang kadang-kadang mengalami gangguan pasokan listrik.



**Gambar 3. 4.** Jalan Dewi Sartika

### 3.1.3. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yang merupakan kombinasi dari dua pendekatan berbeda untuk mendapatkan gambaran yang lengkap dan mendalam. Metode deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan atau menjelaskan ciri-ciri fenomena yang diteliti, yaitu perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya

(PJUTS). Melalui metode ini, peneliti dapat memberikan gambaran yang jelas dan rinci tentang berbagai aspek yang terkait dengan PJUTS. Sedangkan metode kuantitatif digunakan untuk menganalisis data berbasis numerik, yang memungkinkan peneliti untuk memperoleh hasil yang akurat dan obyektif melalui penggunaan berbagai alat analisis statistik.

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan simulasi serta analisis teknis dan ekonomi. Pada pendekatan simulasi, digunakan software DIALux untuk melakukan simulasi pencahayaan yang membantu dalam merencanakan sistem PJUTS yang optimal pada Jalan Dewi Sartika Kota Singaraja. Dengan bantuan software ini, peneliti dapat mengevaluasi berbagai skenario pencahayaan dan memilih solusi yang paling efisien dan efektif. Analisis teknis dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang memenuhi semua standar teknis dan keselamatan yang berlaku.

Di sisi lain, analisis ekonomi dilakukan dengan cara membandingkan biaya investasi awal, biaya operasional, dan efisiensi sistem penerangan jalan umum tenaga surya dengan penerangan jalan umum konvensional. Analisis ini penting untuk menilai kelayakan ekonomi dari proyek PJUTS dan untuk memastikan bahwa investasi yang dilakukan dapat memberikan manfaat jangka panjang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan aspek ekonomi untuk memberikan rekomendasi yang komprehensif.

### 3.1.4. Metode Pengumpulan Data

#### a. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengumpulan data spesifikasi Jalan Dewi Sartika Utara dan Dewi Sartika Selatan. Selain itu juga dilakukan pengukuran intensitas cahaya di berbagai titik di sepanjang Jalan Dewi Sartika menggunakan Lux Meter. Setiap titik pengukuran dipilih dengan cermat untuk memastikan representasi yang akurat dari kondisi pencahayaan di seluruh jalan.

**Tabel 3.1.** Tabel Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

No	Titik PJU	Pengukuran Iluminasi langsung (Lux)	Iluminansi SNI 7391-2008	Keterangan	Jarak Antar Tiang (Meter)
1					
2					
3					
Dst..					

Pengumpulan data sekunder meliputi radiasi sinar matahari, spesifikasi teknis lampu dan komponen sistem penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) di pasaran serta standar dan regulasi terkait dari instansi pemerintah yang mengatur instalasi dan operasional sistem pencahayaan jalan. Data sekunder ini sangat penting untuk memahami konteks lingkungan tempat sistem PJUTS akan dioperasikan dan memastikan bahwa sistem tersebut sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku.

b. Pemilihan Desain Sistem PJUTS

Dalam pemilihan desain PJUTS, penelitian ini menggunakan komponen PJUTS yang terpisah karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sistem satu kesatuan (*all in one*), terutama dalam hal fleksibilitas, efisiensi, dan pemeliharaan. Berikut adalah kelebihan utama dari sistem terpisah:

- Dengan komponen terpisah, setiap bagian seperti panel surya, baterai, dan lampu bisa dipilih dan disesuaikan kapasitasnya sesuai kebutuhan spesifik lokasi, beban dan pemasangan yang lebih fleksible. Misalnya, jika kebutuhan energi lebih besar, kapasitas panel atau baterai dapat ditingkatkan tanpa harus mengganti seluruh sistem dan penempatan panel surya dapat ditempatkan di lokasi yang optimal untuk penyerapan sinar matahari, sementara lampu dapat dipasang di tempat yang ideal untuk penerangan.
- Dalam sistem terpisah, jika salah satu komponen seperti baterai atau lampu mengalami kerusakan, hanya komponen tersebut yang perlu diganti tanpa mempengaruhi komponen lainnya. Ini lebih ekonomis dan praktis dibandingkan sistem satu kesatuan di mana kerusakan pada satu bagian sering kali memerlukan penggantian seluruh unit. Dalam pemeliharaan sistem, setiap bagian dapat diperiksa dan dirawat secara independen, yang memudahkan proses pemeliharaan dan troubleshooting jika terjadi masalah.
- Karena setiap komponen dapat dipilih berdasarkan spesifikasi teknis terbaik yang tersedia di pasaran, performa sistem secara keseluruhan dapat dioptimalkan. Pemilihan panel surya dengan efisiensi tinggi, baterai dengan kapasitas yang sesuai, dan lampu dengan lumen per watt terbaik.
- Setiap komponen dapat diatur agar bekerja pada efisiensi maksimal tanpa harus terikat pada batasan sistem satu kesatuan yang sering kali sudah dioptimalkan untuk kondisi umum, bukan spesifik.

- Peningkatan kapasitas atau penggantian komponen ke teknologi yang lebih baru (misalnya baterai dengan kapasitas lebih besar atau lampu LED yang lebih efisien) dapat dilakukan dengan lebih mudah tanpa harus mengganti seluruh sistem. Ini menjadikan sistem terpisah lebih berkelanjutan dalam jangka panjang.
- Meskipun biaya awal mungkin sedikit lebih tinggi untuk memilih komponen terpisah, dalam jangka panjang, sistem ini cenderung lebih hemat biaya karena penggantian atau peningkatan komponen dapat dilakukan secara bertahap, tanpa perlu mengganti keseluruhan unit.

Dengan sistem terpisah, Anda mendapatkan kontrol lebih besar atas kualitas dan kinerja setiap komponen, yang sangat penting dalam memastikan efisiensi energi dan keberlanjutan sistem PJUTS.

## **3.2. Teknik Analisis Data**

### **3.2.1. Simulasi DIALux**

Dengan bantuan software DIALux, proses perancangan pencahayaan menjadi lebih efisien dan komprehensif. Software ini tidak hanya mempermudah perhitungan, tetapi juga menyediakan informasi tambahan yang sangat berharga yang mungkin tidak didapatkan dari perhitungan manual. Beberapa informasi penting yang dapat diperoleh melalui DIALux antara lain:

1. *Emaks* (Iluminasi Maksimum): Nilai tertinggi intensitas cahaya dalam area yang dirancang.
2. *Emin* (Iluminasi Minimum): Nilai terendah intensitas cahaya dalam area yang dirancang.
3. Kemerataan pencahayaan (*Uniformity*): Rasio yang menunjukkan seberapa merata distribusi cahaya dalam ruangan.
4. Visualisasi 3D: Representasi visual tiga dimensi dari hasil perancangan, memungkinkan perancang untuk melihat dan mengevaluasi desain pencahayaan secara lebih realistis.

Semua informasi ini sangat membantu dalam mengoptimalkan desain pencahayaan dan memastikan kenyamanan visual bagi pengguna ruangan. Berikut ini, kita akan melihat dan menganalisis hasil simulasi menggunakan DIALux untuk proyek perancangan pencahayaan ini. Dengan demikian, desain pencahayaan yang dihasilkan akan memenuhi semua kriteria yang telah ditetapkan[4].

### **3.2.2. Analisis Teknis dan Ekonomi**

Pada analisis teknis, akan dilakukan perhitungan energi harian berdasarkan simulasi yang telah dilakukan. Setelah itu, dilakukan analisis kapasitas dan jenis panel surya yang akan digunakan, serta baterai dan *controller* yang akan digunakan dalam perancangan penerangan jalan umum tenaga surya ini. Proses ini mencakup pemilihan komponen yang paling efisien dan sesuai dengan kebutuhan, termasuk mempertimbangkan kondisi cuaca dan letak geografis untuk memastikan kinerja optimal dari sistem.

Selanjutnya, analisis ekonomi yang dilakukan melibatkan perhitungan biaya investasi awal dan biaya operasional sistem penerangan jalan umum tenaga surya dibandingkan dengan sistem penerangan jalan umum konvensional. Analisis ini akan mencakup estimasi penghematan biaya operasional jangka panjang serta dampak lingkungan yang lebih rendah. Dengan demikian, akan diperoleh gambaran menyeluruh mengenai keuntungan dan keberlanjutan penggunaan teknologi tenaga surya untuk penerangan jalan umum.



## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4. 1. Penentuan Spesifikasi Penerangan Jalan**

##### **4.3.1. Data Teknis**

Jalan yang dijadikan lokasi penelitian dalam penelitian skripsi ini adalah Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja. Jalan ini merupakan jalan yang memiliki status sebagai jalan Kabupaten dan termasuk jalan lokal sekunder, yang menjadikannya jalur vital untuk mobilitas penduduk dan sering digunakan sebagai rute utama angkutan barang dan kendaraan berat dari arah Gilimanuk menuju arah Karangasem atau Lombok. Selain itu, Jalan ini juga merupakan akses utama menuju kawasan *Central Business District* (CBD), sebuah area penting yang menghubungkan berbagai jalan kolektor dan lokal lainnya. Kondisi penerangan jalan pada malam hari tidak terlalu baik dikarenakan penerangan yang tidak merata serta terdapat beberapa titik lampu yang tidak berfungsi, dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1.** Kondisi Jalan pada Malam Hari

Berikut merupakan data teknis Jalan Dewi Sartika yang diperoleh dari data Dinas Perhubungan Kabupaten Buleleng:

**Tabel 4.1.** Data Teknis Jalan Dewi Sartika

No.	Keterangan	Spesifikasi	
		Dewi Sartika Utara	Dewi Sartika Selatan
1	Nama Jalan	Dewi Sartika Utara	Dewi Sartika Selatan
2	Panjang Jalan	525 m	535 m
3	Lebar Jalan	6 m	6 m
4	Lebar Bahu Jalan	2 m	2 m
5	Lebar Median Jalan	3 m	3 m
6	Lebar Trotoar	3 m	3 m
7	Jumlah Jalur	2	2
8	Jumlah Lajur	4	4
9	Fungsi Jalan	Lokal	Lokal
10	Kelas Jalan	Sekunder	Sekunder

Saat ini, Jalan Dewi Sartika terpasang PJU konvensional dengan sumber daya dari listrik PLN. Jumlah tiang PJU saat ini yang terpasang adalah sebanyak 21 tiang dengan tinggi 7 Meter dan terpasang di tengah median jalan dengan menggunakan lampu LED 100 Watt. Sinar yang dihasilkan lampu tersebut sangat terang namun karena jenis lumener yang tidak sesuai dan jarak antar tiang tidak beraturan yaitu berkisar antara 30 Meter hingga 80 Meter, hal ini menyebabkan beberapa daerah antar tiang tidak terkena sinar sama sekali, yang berpotensi menimbulkan masalah keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Selain itu, jenis lampu yang digunakan pada setiap titiknya juga tidak sama, sehingga menghasilkan pencahayaan yang tidak merata di sepanjang jalan.

Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan di jalan Dewi Sartika mengacu pada SNI 7391-2008 tentang kualitas pencahayaan normal di perkotaan untuk kategori jalan lokal sekunder. Pengukuran dilakukan pada titik terjauh ujung pengerasan jalan yang dalam kondisi ini adalah sejauh 8,5 Meter sejajar tiang dan tegak lurus terhadap jalan. Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat ukur Lux Meter.

**Tabel 4.2.** Data Luminansi dan Jarak Antar Tiang di Jalan Dewi Sartika

No	Titik PJU	Pengukuran Iluminasi langsung (Lux)	Iuminansi SNI 7391-2008	Keterangan	Jarak Antar Tiang (Meter)
<b>Jalan Dewi Sartika Selatan</b>					
1	1A	35	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
2	1B	5	2-5 Lux	Sesuai	
3	2A	1	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
4	2B	30	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
5	3A	5	2-5 Lux	Sesuai	40
6	3B	0	2-5 Lux	Mati	

7	4A	0	2-5 Lux	Mati	
8	4B	39	2-5 Lux	Tidak Sesuai	80
9	5A	5	2-5 Lux	Sesuai	
10	5B	33	2-5 Lux	Tidak Sesuai	30
11	6A	1	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
12	6B	3	2-5 Lux	Sesuai	30
13	7A	5	2-5 Lux	Sesuai	
14	7B	4	2-5 Lux	Sesuai	30
15	8A	32	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
16	8B	36	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
17	9A	0	2-5 Lux	Mati	
18	9B	0	2-5 Lux	Mati	50
19	10A	37	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
20	10B	27	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
21	11A	61	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
22	11B	29	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
23	12A	6	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
24	12B	36	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
<b>Jalan Dewi Sartika Utara</b>					
25	13A	55	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
26	13B	15	2-5 Lux	Tidak Sesuai	60
27	14A	54	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
28	14B	45	2-5 Lux	Tidak Sesuai	60
29	15A	10	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
30	15B	47	2-5 Lux	Tidak Sesuai	80
31	16A	0	2-5 Lux	Mati	
32	16B	62	2-5 Lux	Tidak Sesuai	60
33	17A	50	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
34	17B	39	2-5 Lux	Tidak Sesuai	60
35	18A	56	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
36	18B	12	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
37	19A	5	2-5 Lux	Sesuai	
38	19B	1	2-5 Lux	Tidak Sesuai	50
39	20A	48	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
40	20B	0	2-5 Lux	Mati	50
41	21A	10	2-5 Lux	Tidak Sesuai	
42	21B	5	2-5 Lux	Sesuai	

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan bahwa kondisi pencahayaan di Jalan Dewi Sartika tersebut tidak konsisten dan beberapa titik penerangan tidak sesuai dengan ketentuan SNI 7391:2008 mengenai kualitas pencahayaan normal pada ruas jalan. Kondisi pencahayaan yang tidak konsisten ini dapat mengganggu visibilitas pengemudi dan pejalan

kaki serta meningkatkan risiko kecelakaan. Peningkatan dan standarisasi pencahayaan jalan sangat diperlukan untuk memastikan keselamatan dan keamanan bagi semua pengguna jalan.

#### 4.3.2. Perhitungan Sudut Stang Ornament

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 27 Tahun 2018 tentang Alat Penerangan Jalan, Jalan Dewi Sartika yang merupakan jalan lokal menggunakan tiang dengan tinggi maksimal 7 Meter dan panjang stang ornamen di sesuaikan dengan kondisi jalan. Dengan demikian, parameter-parameter dari spesifikasi tiang tersebut yang meliputi tinggi tiang, panjang stang ornament dapat digunakan untuk menghitung kemiringan stang ornament. Perhitungan ini penting untuk memastikan bahwa stang ornament dipasang dengan benar dan aman, serta untuk memaksimalkan efisiensi pencahayaan jalan agar memberikan penerangan yang optimal bagi pengguna jalan.

Pada perencanaan kali ini akan digunakan tiang PJU dengan tinggi 7 Meter dan panjang stang ornamen 1,5 Meter. Untuk mengetahui kemiringan stang ornamen menggunakan persamaan (2.7).

$$t = \sqrt{h^2 + c^2}$$

$$t = \sqrt{7^2 + 3^2}$$

$$t = 7,610 \text{ m}$$

Setelah mendapatkan nilai  $t$  maka untuk menentukan kemiringan stang ornament menggunakan persamaan (2.8)

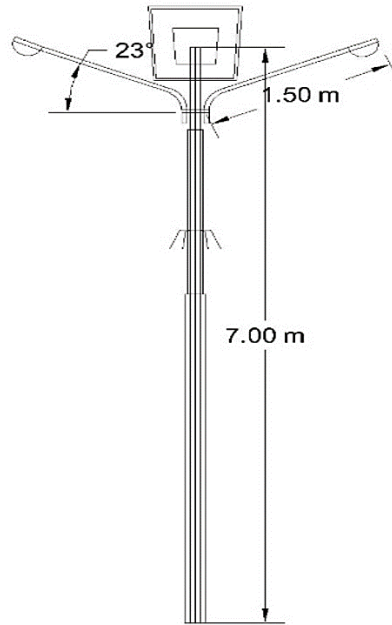
$$\cos \theta = \frac{h}{t}$$

$$\cos \theta = \frac{7}{7,610}$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.919$$

$$\theta = 23^\circ$$

Maka kemiringan stang ornamen yang dipasang adalah sebesar  $23^\circ$ . Desain tiang PJUTS dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2.** Desain tiang PJUTS di Jalan Dewi Sartika

#### 4.3.3. Perhitungan Intensitas Cahaya

Pada perencanaan kali ini, akan digunakan lampu LED dengan daya 41.5 Watt memiliki efikasi sebesar 146 lm/Watt. Besarnya intensitas cahaya dalam Candela (cd) dengan Lumen lampu LED sebesar 6082 Lumen dihitung dengan persamaan (2.10).

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

$$I = \frac{6082}{4\pi}$$

$$I = 484.2 \text{ Candela (cd)}$$

Maka intensitas cahaya yang didapat pada tiap-tiap lampu penerangan jalan yaitu sebesar 484,2 Candela (cd).

#### 4.3.4. Perhitungan Intensitas Penerangan (Illuminansi)

Untuk menghitung intensitas penerangan rata - rata atau iluminasi rata - rata dapat menggunakan persamaan (2.11)

$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{6082 \cdot 0,35 \cdot 0,7}{6,40}$$

$$E_{rata-rata} = \frac{1490}{240}$$

$$E_{rata-rata} = 6,208 \text{ Lux}$$

Nilai Iluminansi rata - rata penerangan adalah 6,208 Lux, sedangkan untuk menghitung iluminasi pada suatu titik/koordinat (P) digunakan persamaan (2.12).

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$$

Sebagai sampel diambil pada sisi ujung perkerasan jalan dengan nilai  $h = 7$  Meter dan  $W_2 = 6$  Meter. Dimana  $r$  adalah jarak dari titik pencahayaan ke titik P (titik yang diukur tingkat illuminansi).

$$r = \sqrt{h^2 + W_2^2}$$

$$r = \sqrt{7^2 + 6^2}$$

$$r = 9.21$$

Setelah mengetahui nilai  $r$  maka dimasukkan ke persamaan menjadi:

$$E_p = \frac{484.2}{9.21^2} \cos 23^\circ$$

$$E_p = 5.24 \text{ Lux}$$

Nilai iluminasi pada titik P dengan jarak 9,21 Meter adalah 5.24 Lux. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat iluminansi di suatu area meliputi jarak sumber cahaya, distribusi cahaya, jenis lampu dan lingkungan sekitar.

#### 4.3.5. Perhitungan Luminansi

Untuk menghitung besarnya luminansi (L) pada lampu LED maka digunakan persamaan (2.13)

$$L = \frac{I}{A \cos \theta}$$

$$L = \frac{I}{4\pi r^2 \cos \theta}$$

$$L = \frac{484.2}{982,7}$$

$$L = 0,49 \text{ cd/m}^2$$

Sehingga didapat untuk besarnya luminansi pada tiap-tiap lampu LED yang terpasang yaitu sebesar  $0,49 \text{ cd/m}^2$

#### 4.3.6. Perhitungan Efikasi

Efikasi cahaya dengan satuan Lumen/Watt pada perancangan penerangan jalan umum ini dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

dengan parameter yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya yaitu fluks cahaya  $\Phi = 6082$  Lumen dan daya lampu LED yang digunakan sebesar 41.5 Watt maka:

$$\eta = \frac{6082}{41.5}$$

$$\eta = 146 \text{ lm/watt}$$

#### 4.3.7. Perhitungan Titik Penerangan

Jalan Dewi Sartika terdiri dari 2 ruas jalan yaitu Jalan Dewi Sartika Utara dan Jalan Dewi Sartika Selatan yang dipisahkan oleh simpang A. Yani dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) tiga warna. Untuk menentukan jumlah titik lampu yang diperlukan pada penerangan jalan umum tenaga surya dilakukan dengan perhitungan masing-masing ruas jalan menggunakan persamaan (2.17).

$$T = \frac{L}{S} + 1$$

Jalan Dewi Sartika Selatan memiliki jalur sepanjang 535 Meter dan akan dipasang tiang dengan jarak 40 Meter, maka:

$$T = \frac{535}{40} + 1$$

$$T = 13,375 + 1$$

$$T = 14,375 \approx 14 \text{ titik lampu}$$

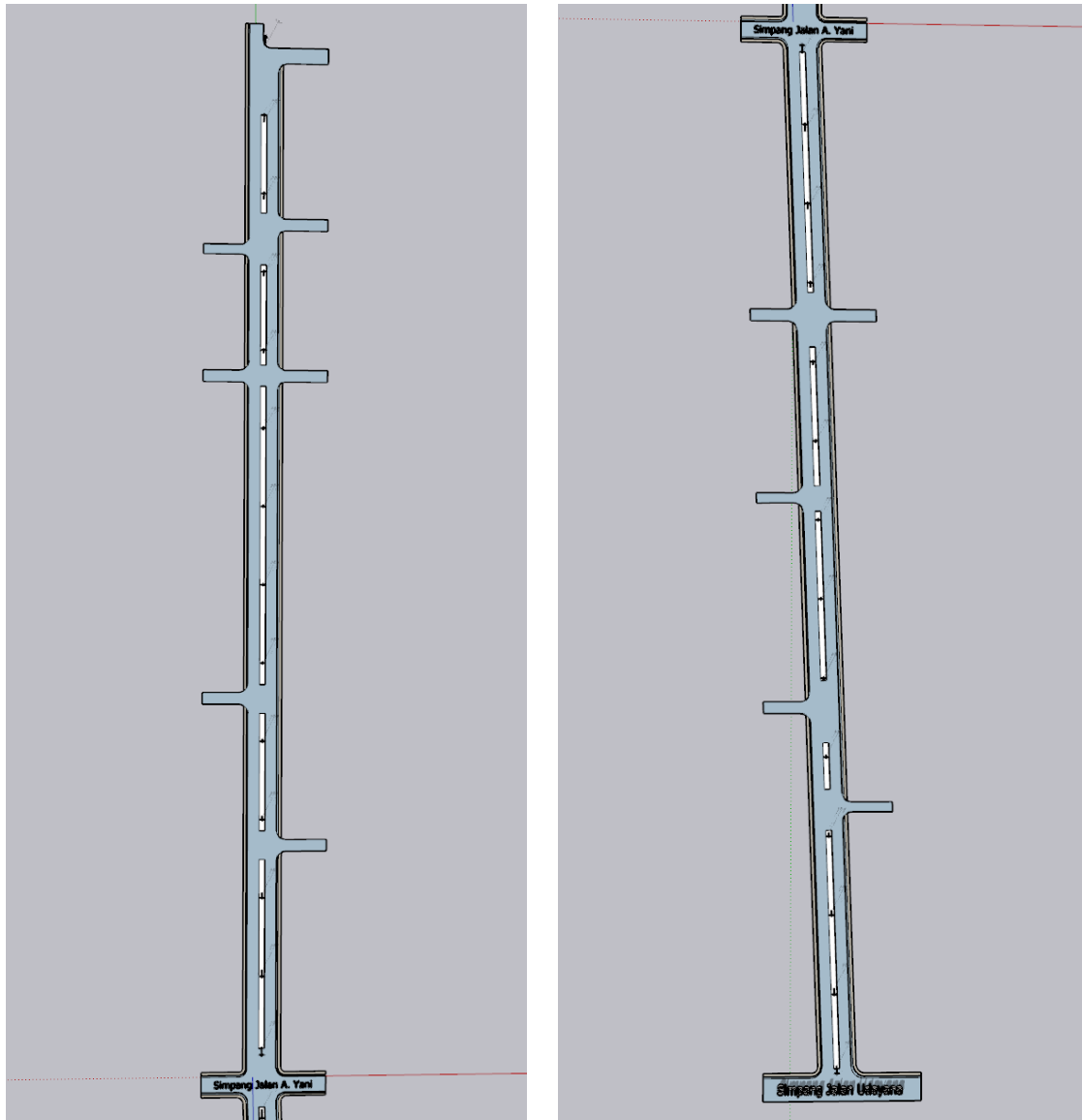
Sedangkan Jalan Dewi Sartika Utara memiliki panjang jalur 525 Meter dan akan dipasang tiang dengan jarak 40 Meter, maka

$$T = \frac{525}{40} + 1$$

$$T = 13,125 + 1$$

$$T = 14,125 \approx 14 \text{ titik lampu}$$

Sehingga banyaknya titik lampu yang diperlukan pada Jalan Dewi Sartika yaitu sebanyak 28 titik lampu.

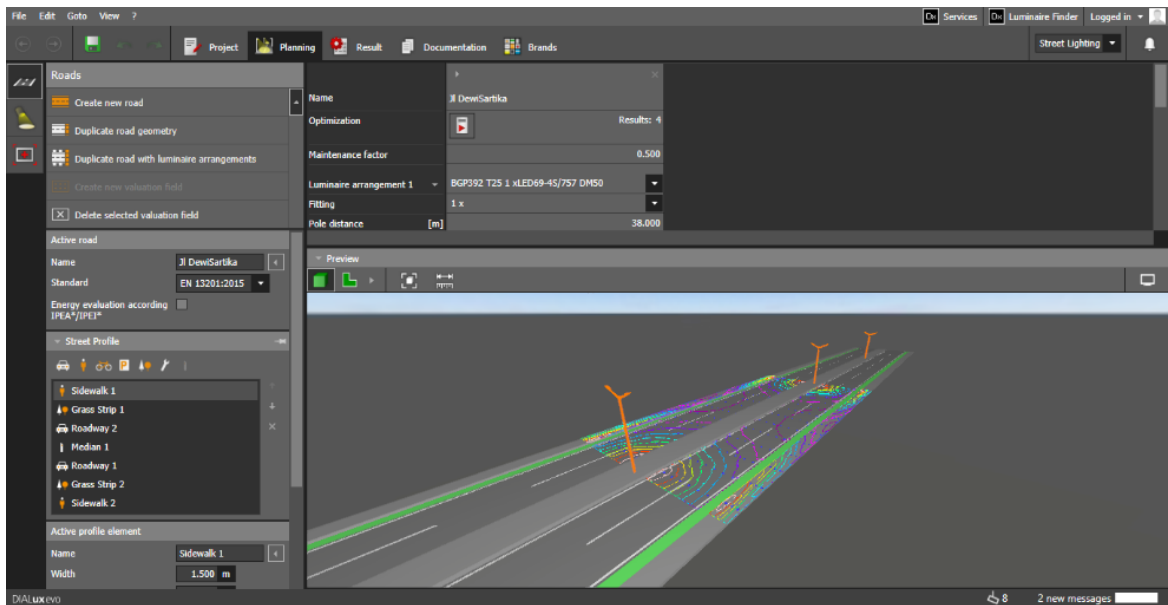


**Gambar 4. 3.** Lokasi titik tiang PJUTS di Jalan Dewi Sartika Utara dan Selatan

#### 4.3.8. Simulasi DIALux

Dengan bantuan software DIALux, proses perancangan pencahayaan menjadi lebih efisien dan komprehensif. Software ini tidak hanya mempermudah perhitungan, tetapi juga menyediakan informasi tambahan yang sangat berharga yang mungkin tidak didapatkan dari perhitungan manual. Beberapa informasi penting yang dapat diperoleh melalui DIALux antara lain *Emaks*, *Emin*, Kemerataan pencahayaan (*Uniformity*) dan Visualisasi 3D. Semua informasi ini sangat membantu dalam mengoptimalkan desain pencahayaan dan memastikan kenyamanan visual bagi pengguna ruangan. Berikut ini, kita akan melihat dan menganalisis hasil simulasi menggunakan DIALux untuk proyek perancangan pencahayaan ini.



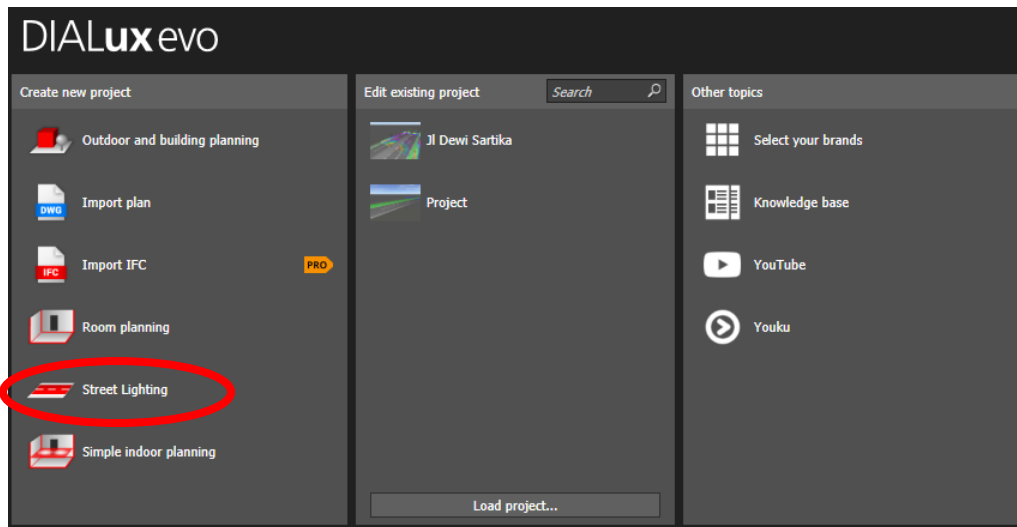


**Gambar 4. 4.** Simulasi dengan aplikasi DIALux

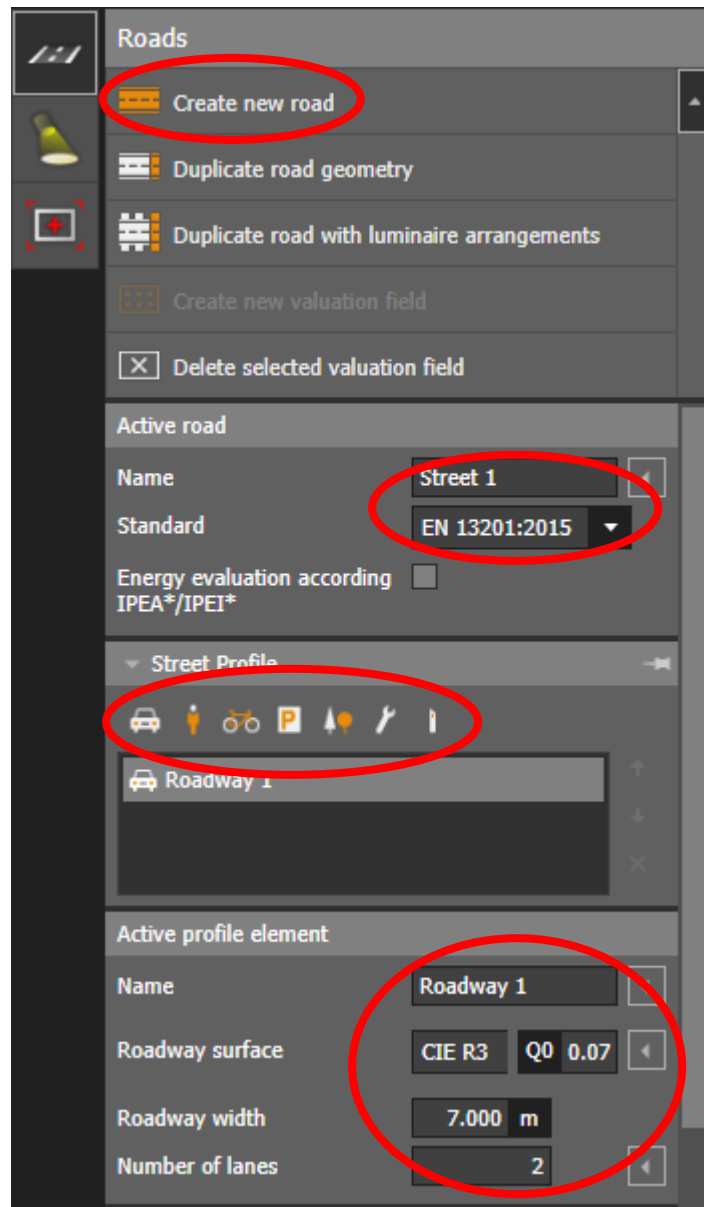
Pada simulasi menggunakan aplikasi DIALux, dilakukan perhitungan yang komprehensif dan akurat berdasarkan kondisi sebenarnya pada perencanaan ini. Perhitungan ini mencakup berbagai aspek penting, mulai dari dimensi layout penampang jalan yang detail, jarak antar tiang lampu yang optimal, ketinggian pemasangan lampu yang efektif, serta posisi lateral lampu terhadap jalan yang strategis. Selain itu, simulasi juga mempertimbangkan pola tata letak lampu yang beragam, seperti konfigurasi zig-zag untuk meningkatkan cakupan penerangan, pola simetris untuk keseimbangan cahaya, atau offset untuk menyesuaikan dengan karakteristik jalan tertentu. Pemilihan pola ini sangat tergantung pada lebar dan bentuk jalan yang spesifik, sehingga dapat menghasilkan penerangan yang optimal.

Dalam perancangan dan perhitungan menggunakan aplikasi DIALux, kita di bebaskan memilih berbagai sumber penerangan yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Setiap jenis sumber penerangan akan menghasilkan nilai pencahayaan yang berbeda. Berikut merupakan tahapan dalam penggunaan aplikasi Dialux.

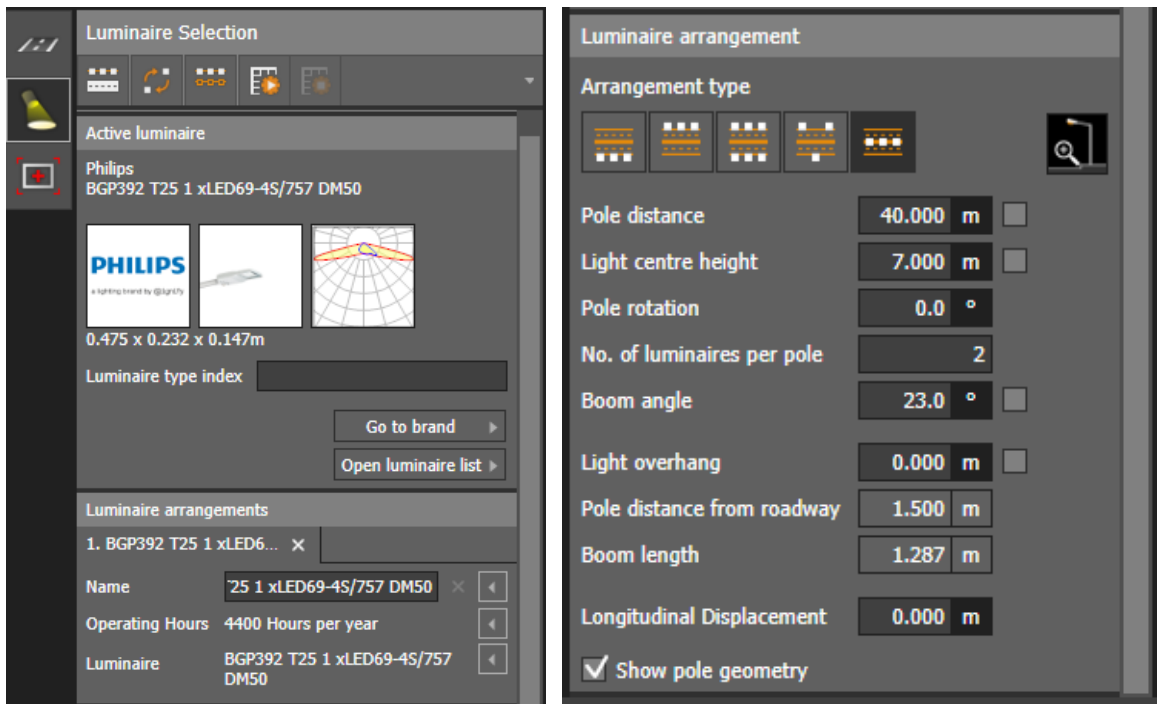
- Pada Gambar 4.4. dibawah adalah tampilan awal dari aplikasi DIALux, disana kita dapat memilih apa yang akan kita simulasikan. Disini kita akan memilih Street Lighting.
- Setelah memilih Street Lighting pada Gambar 4.5. kita akan diminta untuk memasukkan nama jalan, konstruksi jalan, ukuran jalan dan jenis perkerasan jalan yang digunakan.



Gambar 4. 5. Tampilan Awal Aplikasi DIALux



Gambar 4. 6. Penginputan Kondisi Jalan



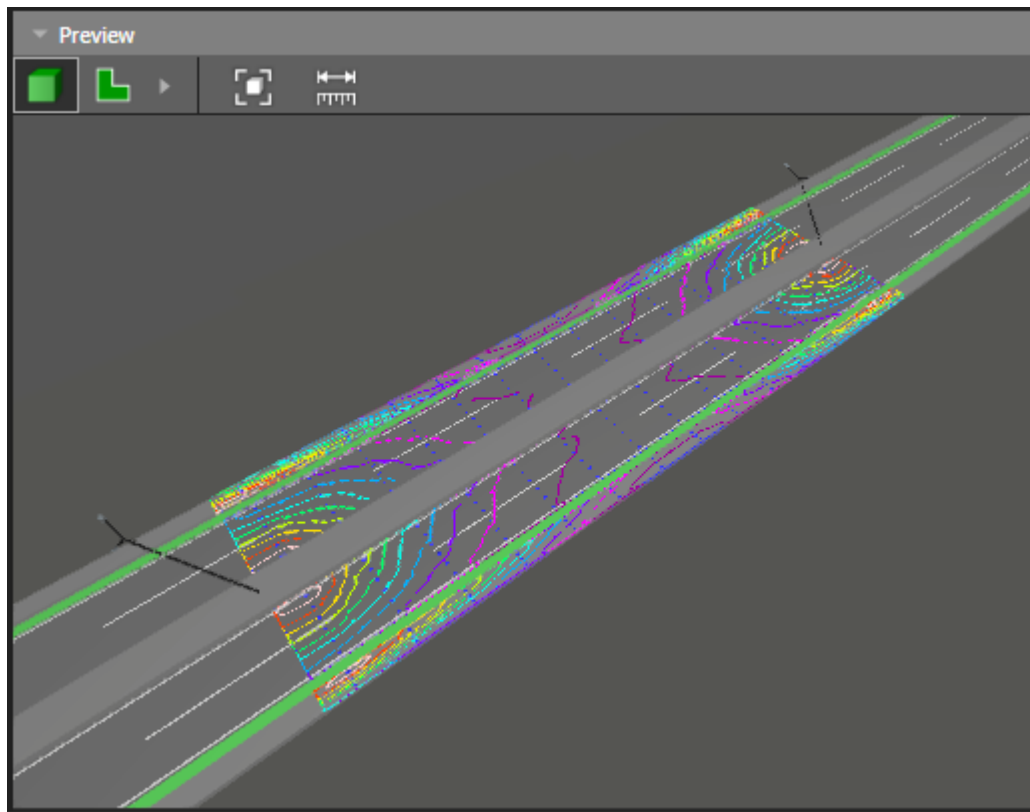
**Gambar 4. 7.** Pemilihan Jenis *Luminaire* dan Spesifikasi Pemasangan PJU

- Pada Gambar 4.6, kita dapat memilih jenis lampu (*luminaire*) yang akan digunakan dan spesifikasi pemasangan PJU yang di rencanakan seperti posisi tiang, jarak antar tiang, tinggi tiang, setang ornamen dan lainnya.

Valuation field (P4)				Roadway 1 (P4)			
$E_m$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	3.33	<input type="checkbox"/>	$\leq$	5.00
$E_{min}$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	2.00	<input type="checkbox"/>		2.85
Valuation field (P4)				Roadway 2 (P4)			
$E_m$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	3.33	<input type="checkbox"/>	$\leq$	5.00
$E_{min}$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	2.00	<input type="checkbox"/>		2.85
Valuation field (P5)				Sidewalk 2 (P5)			
$E_m$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	2.67	<input type="checkbox"/>	$\leq$	4.00
$E_{min}$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	1.00	<input type="checkbox"/>		2.59
Valuation field (P5)				Sidewalk 1 (P5)			
$E_m$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	2.67	<input type="checkbox"/>	$\leq$	4.00
$E_{min}$	[bx]	<input checked="" type="checkbox"/>	$\geq$	1.00	<input type="checkbox"/>		2.62

**Gambar 4. 8.** Hasil Perhitungan DIALux

- Gambar 4.7. adalah hasil yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan pada aplikasi DIALux. Hasil ini sesuai dengan variable variable yang dimasukkan ke dalam aplikasi sehingga memperoleh hasil yang diinginkan.



**Gambar 4. 9.** Gambar 3D hasil Simulasi dengan Aplikasi Dialux

Lebih lanjut, DIALux memungkinkan kita untuk memilih jenis lampu dengan teknologi terkini, seperti LED yang hemat energi dan ramah lingkungan, serta berbagai model luminaire yang tersedia di pasaran. Setiap luminaire memiliki karakteristik distribusi cahaya yang unik dan berbeda-beda, yang secara signifikan akan mempengaruhi hasil simulasi. Faktor-faktor seperti intensitas cahaya, sudut pancaran, dan efisiensi energi dari setiap luminaire dipertimbangkan dalam simulasi untuk menghasilkan desain penerangan jalan yang optimal dan efektif.

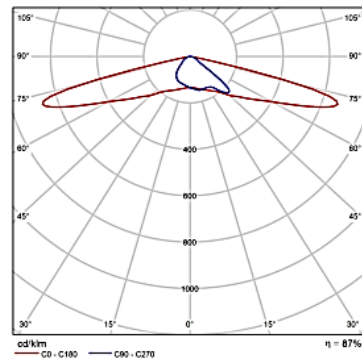
Dengan mempertimbangkan semua variabel ini secara menyeluruh, simulasi DIALux mampu memberikan gambaran yang sangat akurat tentang bagaimana sistem penerangan akan berfungsi dalam kondisi nyata. Hal ini memungkinkan para perencana untuk melakukan penyesuaian dan optimalisasi sebelum implementasi fisik, sehingga dapat menghemat waktu, biaya, dan sumber daya dalam proyek penerangan jalan.

## Product data sheet

Philips - BGP392 T25 1 xLED69-4S/757 DM50



P	41.5 W
$\Phi_{Lamp}$	7000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	6082 lm
$\eta$	86.88 %
Luminous efficacy	146.5 lm/W
CCT	5700 K
CRI	70



Polar LDC

**Gambar 4. 10.** Jenis Lampu dan Luminaire yang Digunakan

**Tabel 4.3.** Hasil Kalkulasi Menggunakan Aplikasi DIALux

Results for valuation fields

A maintenance factor of 0.50 was used for calculating for the installation.

	Symbol	Calculated	Target	Check
Sidewalk 1 (P5)	$E_{av}^{(2)}$	3.20 lx	[2.67 - 4.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	2.62 lx	$\geq 1.00$ lx	✓
Roadway 2 (P4)	$E_{av}^{(2)}$	4.86 lx	[3.33 - 5.00] lx	✓
	$E_{min}$	2.85 lx	$\geq 1.00$ lx	✓
Roadway 1 (P4)	$E_{av}^{(2)}$	4.86 lx	[3.33 - 5.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	2.85 lx	$\geq 2.00$ lx	✓
Sidewalk 2 (P5)	$E_{av}^{(2)}$	3.10 lx	[2.67 - 4.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	2.59 lx	$\geq 1.00$ lx	✓

(2) Setpoint changed by the planner, deviant to the norm

**Tabel 4.4.** Besaran Nilai Iluminasi Menggunakan Aplikasi DIALux

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571
17.000	5.46	4.92	4.25	3.71	3.27	2.98	2.85	2.85	2.98	3.27	3.71	4.25	4.92	5.46
16.000	6.40	5.70	4.68	3.93	3.38	3.04	2.95	2.95	3.04	3.38	3.93	4.68	5.70	6.40
15.000	7.57	6.49	5.08	4.10	3.47	3.16	3.07	3.07	3.16	3.47	4.10	5.08	6.49	7.57
14.000	8.80	7.15	5.52	4.27	3.55	3.26	3.16	3.16	3.26	3.55	4.27	5.52	7.15	8.80
13.000	9.86	7.69	5.83	4.45	3.63	3.28	3.19	3.19	3.28	3.63	4.45	5.83	7.69	9.86
12.000	10.87	8.24	6.09	4.89	3.85	3.25	3.03	3.03	3.25	3.85	4.89	6.09	8.24	10.87

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	$E_{av}$	$E_{min}$	$E_{max}$	$U_o (g_1)$	$g_2$
Maintenance value, horizontal illuminance	4.86 lx	2.85 lx	10.9 lx	0.58	0.26

**Tabel 4.5.** Besaran Nilai Luminansi Menggunakan Aplikasi DIALux

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [ $cd/m^2$ ] (Value grid)

m	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571
17.000	0.18	0.18	0.21	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.28	0.26	0.22	0.19	0.18
16.000	0.20	0.20	0.22	0.26	0.30	0.32	0.34	0.35	0.35	0.33	0.32	0.27	0.23	0.21
15.000	0.23	0.23	0.25	0.31	0.37	0.41	0.44	0.46	0.45	0.42	0.40	0.33	0.29	0.25
14.000	0.26	0.23	0.25	0.34	0.46	0.58	0.65	0.66	0.62	0.57	0.51	0.41	0.35	0.29
13.000	0.29	0.24	0.24	0.35	0.55	0.76	0.90	0.96	0.92	0.80	0.67	0.52	0.40	0.33
12.000	0.31	0.25	0.23	0.30	0.50	0.80	1.04	1.19	1.16	1.04	0.84	0.60	0.45	0.37

#### 4.3.9. Analisa Perencanaan dan SNI

Untuk memastikan bahwa perancangan penerangan jalan umum dalam penelitian ini memenuhi standar yang berlaku, diperlukan analisis mendalam terhadap hasil perencanaan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI). Proses ini mencakup beberapa tahap penting yang harus dilalui dengan cermat. Berikut ini adalah perbandingan hasil perencanaan yang dilakukan secara manual menggunakan software DIALux dan mengacu pada Standar Nasional Indonesia. Dengan demikian, kesesuaiannya dengan ketentuan di Indonesia dapat dievaluasi. Analisis yang teliti ini memungkinkan penilaian yang lebih komprehensif terhadap efektivitas dan efisiensi perancangan penerangan, memastikan bahwa hasil akhirnya tidak hanya memenuhi persyaratan minimum tetapi juga memberikan manfaat optimal bagi pengguna jalan.

Berikut adalah perbandingan hasil perhitungan manual dan hasil simulasi menggunakan aplikasi DIALux terhadap ambang batas kualitas pencahayaan normal pada ruas jalan sesuai dengan SNI 7391:2008.

**Tabel 4.6.** Perbandingan Hasil Perhitungan, Simulasi DIALux dan SNI

No	Parameter	Perhitungan	SNI	DIALux
1	E <sub>rata-rata</sub>	6,208 Lux	2-5 Lux	4,86 Lux
2	E <sub>min</sub>	5,24 Lux	2 Lux	2,85 Lux
3	Kemerataan	0,57	0,10	0,26
4	L <sub>rata-rata</sub>	0,49 cd/m <sup>2</sup>	0,50	0,42 cd/m <sup>2</sup>
5	L <sub>min</sub>	0,33 cd/m <sup>2</sup>	-	0,18 cd/m <sup>2</sup>
6	L <sub>maks</sub>	0,58 cd/m <sup>2</sup>	-	1,19 cd/m <sup>2</sup>
7	VD	0,57	0,40	0,15
8	VI	0,67	0,50	0,42

#### 4. 2. Penentuan Spesifikasi PLTS

##### i. Perhitungan Kebutuhan Energi

Sistem penerangan jalan ini menggunakan lampu LED karena efisiensi energinya yang unggul dan masa pakainya yang lebih lama, menjadikannya ideal untuk penerangan jalan bertenaga surya. Lampu LED yang dipilih adalah dari varietas DC, menghilangkan kebutuhan akan inverter untuk mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC yang biasanya diperlukan oleh lampu. Pendekatan ini membantu mengurangi biaya investasi. Selain itu, memilih lampu LED memerlukan pertimbangan yang cermat, terutama mengenai kemanjurannya (output Lumen), karena secara langsung berdampak pada kecerahan yang dihasilkan relatif terhadap daya yang dikonsumsi. Kemanjuran dinyatakan dalam Lumens per Watt (lm/w), sehingga pemilihan lampu LED tidak boleh hanya didasarkan pada konsumsi daya.

Dalam tugas akhir ini, lampu menggunakan daya 41,5 Watt. Beban ini mewakili penggunaan lampu selama 12 jam setiap hari. Namun, sebagai tindakan pencegahan yang selaras dengan peraturan departemen transportasi, cadangan energi surya harus cukup untuk 3 hari, setara dengan 36 jam operasi:

$$E_T = P_L \times t$$

$$E_T = 41.5 \times 36 \text{ jam}$$

$$E_T = 1.494 \text{ Wh}$$

Untuk jumlah energi total yang dibutuhkan setiap titik tiang penerangan adalah

$$E_{akhir} = E_T \times 2$$

$$E_{akhir} = 1.494 \times 2$$

$$E_{akhir} = 2.988 \text{ Wh}$$

Jadi energi total yang dibutuhkan setiap tiang penerangan adalah sebesar 2.988 Wh.

## ii. Perhitungan Kapasitas Modul Surya

Penentuan kapasitas panel surya dihitung berdasarkan nilai irradiansi dan konsumsi energi harian. Nilai irradiansi matahari di Kota Singaraja yaitu sebesar 5,499 kWh/m<sup>2</sup> per hari.

$$\text{Kapasitas panel} = \frac{E_T}{\text{irradiansi}}$$

$$\text{Kapasitas panel} = \frac{2.988}{5,499}$$

$$\text{Kapasitas panel} = 543,4 \text{ Wp}$$

Dengan asumsi efisiensi keseluruhan sistem adalah 90% maka kebutuhan terhadap modul surya dapat dihitung dengan :

$$\text{Kapasitas panel} = \frac{543,4 \text{ Wp}}{90\%}$$

$$\text{Kapasitas panel} = 603 \text{ Wp} \approx 600 \text{ Wp}$$

Panel surya yang dibutuhkan pada satu tiang penerangan adalah 1 buah dengan kapasitas modul minimal 600 Wp.

## iii. Perhitungan Kapasitas Baterai

Banyaknya baterai dan daya baterai yang digunakan harus mampu memadai total energi yang diperlukan dengan beban lampu 24V DC dan hari otonom selama 3 hari. Satuan kapasitas baterai adalah Ampere hour (Ah) sedangkan satuan energi adalah Watt hour (Wh), sehingga penentuan kekuatan baterai harus dibagi dengan tegangan sistem:

$$I_{Ah} = \frac{E_T}{V_s}$$

$$I_{Ah} = \frac{2988}{24}$$

$$I_{Ah} = 124 \text{ Ah}$$

Dengan memperhitungan faktor DOD (depth of discharge) maka kapasitas baterai yang diperlukan adalah:

$$I_{Ah \text{ total}} = \frac{I_{Ah}}{DOD}$$

$$I_{Ah \text{ total}} = \frac{124}{80\%}$$

$$I_{Ah \text{ total}} = 155 \text{ Ah} \approx 150 \text{ Ah}$$

## iv. Perhitungan Kontroler



*Controller* yang akan digunakan yaitu tipe MPPT karena memiliki memiliki keunggulan tingkat efisiensi pengisian lebih tinggi dan dapat meningkatkan efisiensi sistem hingga 30% dibandingkan dengan PWM. Penentuan kapasitas *controller* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned}
 I_{cc} &= \frac{P_{max}}{FF \times V_{oc}} \times (100\% + \eta_{baterai}) \\
 &= \frac{600}{0,78 \times 41,5} \times (100\% + 80\%) \\
 &= 18,5 \text{ A} + 14,4 \text{ A} \\
 &= 32,9 \text{ A} \approx 40\text{A}
 \end{aligned}$$

#### b. Perbandingan Biaya Investasi

Penerangan jalan umum tenaga surya adalah penerangan jalan umum yang ditenagai oleh sistem yang mengambil sumber energi dari matahari yang independen. Lampu jalan umum tenaga surya memiliki biaya pengoperasian dan pemeliharaan yang lebih rendah karena tidak memerlukan bahan bakar untuk beroperasi, namun biaya investasi awalnya cukup besar.

Hasil analisis teknik penerangan jalan umum tenaga surya di Jalan Dewi Sartika sepanjang 1.060 Meter menunjukkan bahwa dengan jarak antar tiang penerangan 40 Meter, diperlukan 28 tiang penerangan jalan umum tenaga surya. Analisis ini melibatkan perhitungan yang teliti dan mempertimbangkan berbagai faktor seperti efisiensi energi, penempatan tiang yang optimal, dan ketersediaan sinar matahari di lokasi tersebut.

Berikut merupakan beberapa pilihan komponen dari PJUTS yang tersedia di pasaran:

**Tabel 4.7.** Harga Komponen PJUTS di Pasaran

No	Komponen	Merk	Spesifikasi	Harga
1	Solar Panel	Solana	Model: MONO-24V-600Wp Voltage at Pmax (Vmp) :34,4 V Current at Pmax (Imp): 17,45A Open Circuit Voltage (Voc): 41,5 V Short Circuit Current (Isc): 18,5 A Dimensi: 2172x1303x35 mm	Rp. 2.700.000
		Trina Solar	Model : Monocrystalline 605Wp Voltage at Pmax (Vmp): 34,6 V Current at Pmax (Imp): 17,49A Open Circuit Voltage (Voc): 41,7 V Short Circuit Current (Isc) : 18,57 A Dimensi : 2172x1303x33 mm	Rp. 2.350.000

		Long i Solar	Model : Monocrystalline 600Wp Voltage at Pmax (Vmp) :41,8 V Current at Pmax (Imp) : 13,04A Open Circuit Voltage (Voc) : 49,62 V Short Circuit Current (Isc) : 13,91 A Dimensi : 2270x1130x35 mm	Rp. 1.995.000
2	Lampu PJU	SKYlite	Type : LED Voltage : 24V 40 Watt Efficacy : 138 lumen/watt	Rp. 1.500.000
		Philips	Type : LED Voltage : 24V 40 Watt Efficacy : 146 lumen/watt	Rp. 1.475.000
		Osram	Type : LED Voltage : 12V/24V 40W Efficacy : 140 lumen/watt	Rp. 1.750.000
3	Charge Controller	JNGE	Type : MPPT Nominal System Voltage : 12V/24V/48V Rate Charge/Discharge Current : 40A Max PV voc : 150V Battery input voltage : 12V – 48V	Rp. 990.000
		Epever	Type : MPPT Nominal System Voltage : 12V/24V Rate Charge/Discharge Current : 40A Max PV voc : 100V Battery input voltage : 8V - 32V	Rp. 1.675.000
		PowMr	Type : MPPT Nominal System Voltage : 12V/24V Rate Charge/Discharge Current : 40A Max PV voc : 105V Battery input voltage : 12V – 24V	Rp. 653.000
4	Timer Switch	Universal	Type: MCB 24V DIN Rail Digital Voltage : 24V Current : 30A max Watt Consumption : 2 watt Error Correction : 2 second Programmable : 16 times on/off 24/7 Timer setting range : 1min – 168hour	Rp. 130.000
		Universal	Type: Digital Timer Switch THC15A Voltage : 24V Load : 2000 Watt Max Watt Consumption : 2 watt Error Correction : 2 second	Rp. 95.000

			Programmable : 16 times on/off 24/7 Timer setting range : 1min – 168hour	
		Universal	Tipe: Programmable Timer CN Voltage : 24V Load : 2000 Watt Max Watt Consumption : 2 watt Error Correction : 2 second Programmable : 17 times on/off 24/7 Timer setting range : 1min – 168hour	Rp. 75.000

Berdasarkan data komponen tersebut dipilih komponen yang memberikan keseimbangan terbaik antara harga, efisiensi dan kemampuan teknis yang relevan untuk sistem PJUTS. Berikut adalah biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun satu buah penerangan jalan umum tenaga surya 2 (dua) lengan.

**Tabel 4.8.** Biaya Investasi Pembangunan PJUTS

No	Komponen	Harga (Rp)	Jumlah	Satuan	Total (Rp)
1	Tiang PJU Panel Surya Oktagonal 7 Meter 2 Lengan Galvanized	3.450.000	28	unit	96.600.000
2	Lampu PJU Led 41.5 Watt 24V DC	1.475.000	56	unit	82.600.000
3	Bracket Panel, Bracket Baterai, Box Panel dan accessories	2.125.000	28	set	59.500.000
4	Pengkabelan	25.000	500	Meter	12.500.000
5	Timer Switch 24VDC	130.000	28	unit	3.640.000
6	Solar Panel 600 Wp Monokristalin	2.350.000	28	unit	65.800.000
7	Baterai LiFePO4 24V 150Ah with BMS	7.350.000	28	unit	205.800.000
8	Controller MPPT 40A 12V/24V	650.000	28	unit	18.200.000
	<b>Total</b>				<b>544.640.000</b>

Total biaya investasi yang dibutuhkan dalam pembangunan penerangan jalan umum tenaga surya sebanyak 28 titik penerangan adalah Rp. 544.640.000.

Sedangkan biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun penerangan jalan umum konvensional yang sudah ada saat ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.9.** Biaya Investasi Pembangunan PJU Konvensional

No	Komponen	Harga	Jumlah	Satuan	Total
----	----------	-------	--------	--------	-------

		(Rp)			
1	Tiang PJU Oktagonal 7 Meter 2 Lengan Galvanized	3.150.000	21	unit	70.350.000
2	Lampu PJU Led 100 Watt 220V AC	2.450.000	42	unit	102.900.000
3	Box Panel dan accessories	4.250.000	4	set	17.000.000
4	Pengkabelan	25.000	2.000	Meter	50.000.000
5	Timer Switch 220V AC	650.000	4	unit	2.600.000
6	Pasang baru KWh Meter 7.700VA + SLO	14.630.000	4	unit	58.520.000
	<b>Total</b>				<b>301.370.000</b>

Total biaya investasi yang dibutuhkan dalam pembangunan penerangan jalan umum konvensional yang sudah terpasang saat ini sebanyak 21 titik adalah Rp. 301.370.000

### c. Perbandingan Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjaga agar sistem PJU tersebut tetap dapat digunakan sebagaimana mestinya. Perbandingan biaya operasional antara Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dan Penerangan Jalan Umum (PJU) konvensional menjadi relevan untuk memahami dampak penggunaan teknologi yang berbeda terhadap biaya yang dihasilkan.

Pada penerangan jalan umum berbasis tenaga surya, keseluruhan sumber energi berasal dari sinar matahari yang merupakan sumber energi baru terbarukan yang tidak pernah habis jumlahnya. Dengan pemanfaatan teknologi fotovoltaik, energi matahari dikonversi langsung menjadi energi listrik yang kemudian disimpan dalam baterai dan digunakan untuk menyalakan lampu LED dengan daya 41,5 Watt selama 12 jam setiap hari. Karena sumber energi yang digunakan berasal dari sinar matahari yang merupakan sumber energi terbarukan, sistem ini tidak memerlukan pasokan energi dari jaringan listrik konvensional, sehingga biaya operasional untuk konsumsi energi listrik dapat ditekan hingga nol. Penghematan biaya operasional yang dihasilkan oleh sistem ini sangat tinggi yaitu mencapai 100%. Selain itu, sistem ini juga mengurangi emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan polutan lainnya, sehingga berkontribusi positif terhadap pengurangan jejak karbon dan mitigasi perubahan iklim. Teknologi ini juga memiliki daya tahan yang tinggi dengan perawatan minimal, serta dapat beroperasi di berbagai kondisi lingkungan, termasuk daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional. Implementasi penerangan jalan umum berbasis tenaga surya juga berpotensi mengurangi biaya

operasional jangka panjang karena tidak bergantung pada pasokan energi eksternal, serta mendukung target pemerintah dalam mencapai transisi energi berkelanjutan

Di sisi lain, PJU konvensional menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik yang umumnya berbasis bahan bakar fosil. Lampu LED dengan daya 100 Watt digunakan saat ini untuk penerangan, yang menyala selama 12 jam setiap hari. Sistem ini bergantung pada pasokan listrik dari jaringan listrik konvensional, yang menyebabkan biaya operasional yang signifikan karena harus membayar konsumsi energi listrik sesuai dengan tarif dasar listrik (TDL) yang berlaku.

Perbandingan biaya operasional antara PJUTS dan PJU konvensional dapat dilakukan dengan menghitung jumlah konsumsi energi dari kedua sistem dan biaya operasional yang terkait dengan penggunaan PJU konvensional.

a. Konsumsi Energi PJU Konvensional

Lampu LED dengan daya 100 Watt yang menyala selama 12 jam per hari memiliki konsumsi energi sebagai berikut:

$$\text{Energi per hari} = 100\text{W} \times 12\text{jam} = 1.200\text{Wh} = 1,2\text{kWh}$$

$$\text{Energi per bulan} = 1,2\text{kWh} \times 30\text{hari} = 36\text{kWh}$$

$$\text{Energi per tahun} = 36 \text{ kWh} \times 12 \text{ bulan} = 432 \text{ kWh}$$

b. Biaya Listrik PJU Konvensional

Dengan TDL sebesar Rp 1.699,53 per kWh, biaya listrik bulanan dan tahunan untuk PJU konvensional adalah:

$$\text{Biaya listrik bulanan} = 36\text{kWh} \times \text{Rp}1.699,53/\text{kWh} = \text{Rp}61.183,08$$

$$\text{Biaya listrik tahunan} = 432 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.699,53/\text{kWh} = \text{Rp}734.196,96$$

Nilai tersebut adalah biaya yang dikeluarkan per titik lampu, jika total jumlah lampu yang digunakan sebanyak 42 buah, maka

$$\begin{aligned}\text{Biaya listrik} &= \text{Rp}61.183,08 \times 42 \\ &= \text{Rp. } 2.569.686/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 30.836.232/\text{tahun}\end{aligned}$$

c. Konsumsi Energi PJUTS

PJUTS yang direncanakan menggunakan lampu LED dengan daya 41,5 Watt yang menyala selama 12 jam per hari memiliki konsumsi energi sebagai berikut:

$$\text{Energi per hari} = 41,5\text{W} \times 12\text{jam} \times 56 = 27.888\text{Wh} = 27,89 \text{ kWh}$$

$$\text{Energi per bulan} = 27,89 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 836,7 \text{ kWh}$$

$$\text{Energi per tahun} = 836,7 \text{ kWh} \times 12 \text{ bulan} = 10.040,4 \text{ kWh}$$

Namun, karena PJUTS menggunakan energi yang dihasilkan dari PLTS, tidak ada biaya operasional yang terkait dengan konsumsi energi listrik, sehingga biaya listrik untuk PJUTS adalah Rp 0.

d. Pengurangan Emisi Karbon

Menurut Kementerian ESDM, faktor emisi listrik PLN rata-rata sekitar 0.85 kg CO<sub>2</sub> per kWh, maka

$$\begin{aligned} \text{Emisi karbon tahunan} &= 438 \text{ kWh / tahun} \times 0.85 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} \\ &= 372.3 \text{ kg CO}_2 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Sedangkan PJUTS yang menggunakan energi listrik dari pembangkit tenaga surya, maka kita anggap tidak ada emisi karbon dari konsumsi energi, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan emisi karbon} &= \text{Emisi karbon PJU konvensional} - \text{Emisi karbon PJUTS} \\ &= 372.3 \text{ kg CO}_2 / \text{tahun} - 0 \text{ kg CO}_2 / \text{tahun} \\ &= 372.3 \text{ kg CO}_2 / \text{tahun per titik lampu} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, jelas bahwa PJUTS jauh lebih efisien secara biaya operasional dibandingkan dengan PJU konvensional. Biaya operasional yang dikeluarkan untuk PJU konvensional adalah sebesar Rp. 2.569.686 atau per bulan atau Rp. 30.836.232 per tahun, sedangkan PJUTS tidak memerlukan biaya operasional. Penggunaan PJUTS juga dapat mengurangi produksi emisi karbon sebesar 372.3kg CO<sub>2</sub>/tahun per titik lampu. Dengan demikian, penggunaan PJUTS tidak hanya mengurangi biaya operasional secara signifikan, tetapi juga dapat mengurangi produksi emisi karbon serta mendukung penggunaan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Pada akhir dari penelitian ini yang mengangkat topik perencanaan penerangan jalan umum tenaga surya yang berlokasi di Jalan Dewi Sartika di Kota Singaraja, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting. Studi ini telah menghasilkan berbagai temuan yang signifikan terkait dengan implementasi sistem penerangan jalan berbasis energi surya di lokasi tersebut. Analisis mendalam telah dilakukan terhadap berbagai aspek teknis, ekonomis, dan lingkungan dari proyek ini. Berikut ini adalah ringkasan dari kesimpulan-kesimpulan utama yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian:

1. Jalan Dewi Sartika terdiri dari Jalan Dewi Sartika Utara dan Jalan Dewi Sartika Selatan yang memiliki panjang lintasan 1.060 Meter, terdiri dari 2 jalur yang dipisahkan dengan median jalan selebar 3 Meter. Saat ini sudah terpasang penerangan jalan umum sebanyak 21 tiang dan menggunakan tiang setinggi 7 Meter dengan 2 lengan terpasang dengan jarak antar tiang bervariasi dari 30 Meter hingga 80 Meter. Penerangan yang digunakan yaitu lampu LED 100 Watt. Intensitas yang dihasilkan penerangan tersebut tidak sesuai dengan standar yang berlaku, jenis lumener yang digunakan tidak sesuai dengan interval jarak pemasangan tiang sehingga banyak daerah yang masih gelap dan menimbulkan ketidakmerataan penerangan.
2. Hasil perencanaan penerangan jalan umum tenaga surya yang direncanakan di sepanjang Jalan Dewi Sartika Kota Singaraja yaitu sebanyak 28 tiang menggunakan tiang PJU oktagon 2 lengan setinggi 7 Meter dengan panjang lengan 1,5 Meter dan sudut stang ornamen  $23^\circ$  dipasang dengan interval jarak 40 Meter di tengah median jalan. Penerangan yang digunakan yaitu lampu LED 41,5 Watt 24VDC yang didukung dengan PLTS menggunakan solar panel 600Wp dikombinasikan dengan baterai lithium 24V 150Ah dan *controller* 40 Ampere yang diharapkan memiliki *autonomous day* selama 36 jam atau 3 hari penggunaan. Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi DIALux untuk memperoleh hasil perhitungan yang lebih akurat. Intensitas cahaya yang dihasilkan yaitu berkisar antara 2,85 Lux hingga 4,86 Lux dengan nilai pemerataan 0,26 sehingga tidak ada bagian jalan yang tidak terkena cahaya yang mengakibatkan terjadinya "*black spot*".
3. Biaya investasi yang dibutuhkan dalam perencanaan PJUTS di Jalan Dewi Sartika yaitu sebesar Rp. 544.640.000 dengan jumlah tiang PJUTS sebanyak 28 titik. Sedangkan

biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun PJU konvensional yang sudah ada adalah sebesar Rp. 301.370.000 dengan jumlah tiang PJU sebanyak 21 titik. Penghematan biaya operasional yang diberikan oleh PJUTS adalah sebesar 100% karena semua energi listrik yang dibutuhkan murni dari energi matahari, sedangkan PJU konvensional yang sudah terpasang menggunakan daya harian sebesar 1,2 Kwh atau 36kWh selama 1 bulan per titik lampu. sedangkan ada 42 titik lampu maka biaya bulanan yang dibutuhkan adalah Rp. 2.569.686 per bulan atau Rp. 30.836.232 per tahun. Selain itu PJUTS juga dapat mengurangi produksi emisi karbon sebesar 372.3kg CO<sub>2</sub>/tahun per titik lampu serta mendukung penggunaan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

## **5.2. Saran**

1. Masih ada beberapa faktor luar yang mempengaruhi kinerja dari PJUTS yaitu kondisi pohon perindang yang menutupi panel surya maupun lampu penerangan yang akan mempengaruhi dari kinerja PJUTS tersebut, maka diharapkan penelitian berikutnya dapat dilakukan analisis terhadap sistem pemangkasan pohon perindang sesuai dengan standar yang berlaku.



## ● 10% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 10% Internet database
- 0% Publications database

---

### TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	<b>repository.pnb.ac.id</b> Internet	3%
2	<b>slideshare.net</b> Internet	3%
3	<b>ejournal.poltekharber.ac.id</b> Internet	1%
4	<b>repository.trisakti.ac.id</b> Internet	1%
5	<b>repository.unsri.ac.id</b> Internet	1%
6	<b>dspace.uui.ac.id</b> Internet	<1%