

BAB II **LANDASAN TEORI**

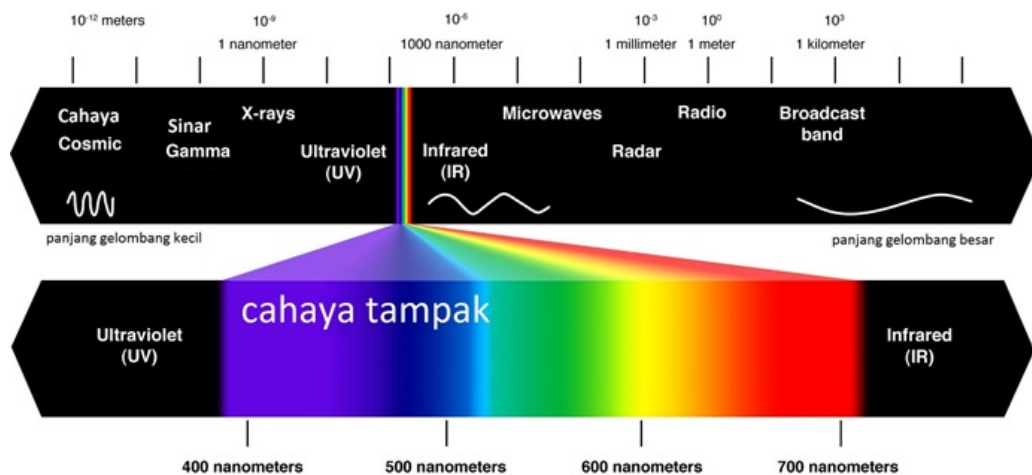
2.1 Cahaya

Dalam bidang ilmu fisika, cahaya dapat didefinisikan sebagai energi yang termanifestasikan dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dapat diamati oleh mata manusia dengan rentang panjang gelombang kira-kira antara 380-750 nm. Ketika cahaya menjalar ke suatu tempat, energi juga secara otomatis akan berpindah ke tempat tersebut. Cahaya memiliki sifat dualisme, yaitu sebagai partikel dan gelombang, yang menjadikannya memiliki karakteristik yang unik dan menarik untuk diteliti lebih lanjut. (Wan, 2019).

Cahaya adalah salah satu fenomena fisika yang sangat penting dalam kehidupan kita, karena tanpa cahaya, tidak ada benda yang bisa terlihat di dunia ini. Secara fisika, cahaya dapat dijelaskan sebagai energi yang terpancar dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang berasal dari sumber cahaya. Sumber cahaya adalah objek atau benda yang mampu menghasilkan energi elektromagnetik atau yang sering disebut sebagai radiasi elektromagnetik. Salah satu contoh sumber cahaya yang paling penting bagi kehidupan di Bumi adalah Matahari. Matahari memancarkan radiasi elektromagnetik yang mencapai Bumi, dan radiasi ini juga terdiri dari partikel-partikel kecil yang disebut foton, yang membawa energi. (Wan, 2019).

Gelombang elektromagnetik mencakup berbagai jenis seperti cahaya, gelombang radio, sinar X, sinar gamma, dan lain-lain. Perbedaan antara gelombang elektromagnetik tersebut terletak pada panjang gelombang dan frekuensinya. Gambar 2.1 memberikan gambaran tentang spektrum gelombang elektromagnetik yang berhubungan dengan berbagai frekuensi dan panjang gelombang. Panjang

gelombang (λ) gelombang elektromagnetik diukur dalam satuan meter (m), sedangkan frekuensinya (f) diukur dalam satuan Hertz (Hz). Gelombang elektromagnetik dikelompokkan berdasarkan panjang gelombang atau frekuensinya, mulai dari panjang gelombang terendah hingga yang tertinggi, yang meliputi sinar gamma, sinar X, sinar ultraviolet, cahaya tampak, sinar inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. (Azzahra, 2019).



Gambar 2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik

Sumber (Wan, 2019)

2.1.1 Pencahayaan

Pencahayaan adalah faktor penting yang berhubungan dengan keadaan lingkungan yang aman dan kondusif, serta berpengaruh terhadap aktivitas dan produktivitas manusia. Secara umum, pencahayaan dapat dibagi menjadi dua jenis:

2.1.2 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merujuk pada pencahayaan yang berasal dari lingkungan alam sekitar. Pencahayaan ini diperoleh melalui sumber-sumber alami dan memiliki keterbatasan karena hanya tersedia pada waktu-waktu tertentu. Durasi pencahayaan alami terbatas oleh faktor-faktor seperti posisi matahari, fase Bulan,

atau adanya sumber-sumber alami lainnya. Beberapa contoh sumber pencahayaan alami meliputi sinar matahari, api abadi seperti api unggun atau obor, cahaya Bulan dan benda-benda langit, serta cahaya yang dihasilkan oleh beberapa jenis binatang dan tumbuhan. (Sutanto, 2017).

2.1.3 Pencahayaan Buatan

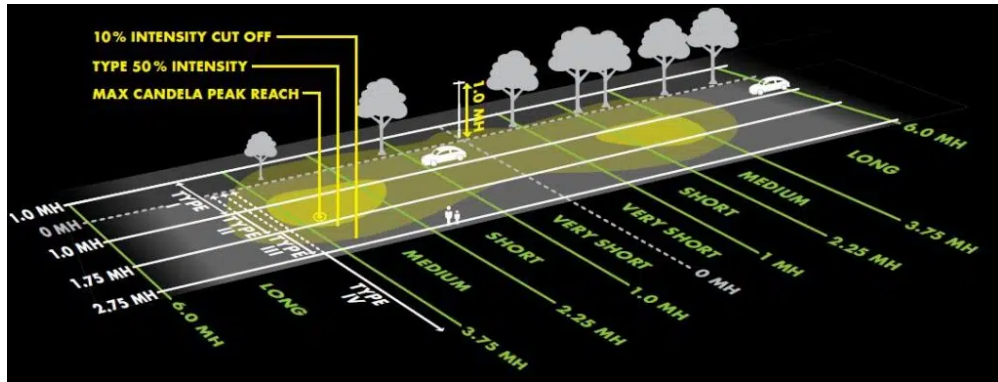
Pencahayaan buatan merujuk pada sumber cahaya yang tidak berasal dari pencahayaan alami. Pencahayaan buatan diperlukan terutama dalam ruangan atau tempat-tempat di mana sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami, atau saat malam hari ketika pencahayaan alami tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan. Pencahayaan buatan dapat dihasilkan melalui berbagai jenis lampu atau perangkat pencahayaan lainnya, seperti lampu pijar, lampu neon, lampu LED, atau lampu fluorescent. Pencahayaan buatan memiliki fleksibilitas yang lebih besar karena dapat diatur sesuai kebutuhan dan preferensi, serta memberikan solusi pencahayaan yang konsisten di berbagai kondisi lingkungan. (Sutanto, 2017).

2.2 Distribusi Cahaya

Distribusi fluks cahaya yang tepat dari luminer merupakan salah satu faktor penting dalam penerangan jalan raya yang efisien. Cahaya yang memancar dari luminer dikendalikan secara terarah dan proporsional sesuai dengan lebar jalan raya, jarak antar luminer, dan lokasi pemasangan di mana luminer diharapkan akan digunakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem klasifikasi distribusi cahaya luminer untuk membantu insinyur atau perancang dalam pemilihan luminer yang mungkin memenuhi persyaratan yang ditetapkan untuk sistem jalan raya tertentu. Distribusi cahaya diklasifikasikan menjadi 2 kriteria yaitu distribusi cahaya vertikal dan distribusi cahaya lateral (M. Harrold, 2000).

2.2.1 Distribusi Cahaya Vertikal

Distribusi cahaya vertikal dibagi menjadi tiga kelompok yaitu distribusi cahaya pendek (S), distribusi cahaya sedang (M), dan distribusi cahaya panjang (L).



Gambar 2.2 Ilustrasi Distribusi Cahaya

Sumber (M. Harrold, 2000)

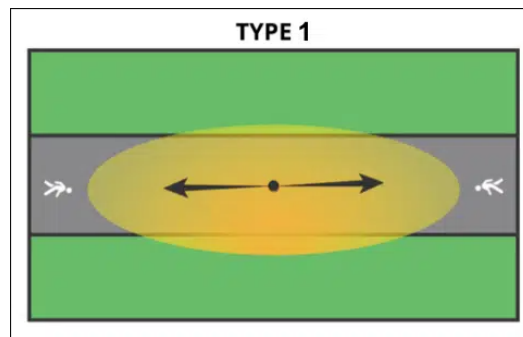
1. Distribusi Cahaya Pendek, sebuah lumener diklasifikasikan memiliki distribusi cahaya pendek ketika titik intensitas makasimumnya terletak di zona *Short* dapat dilihat pada gambar 2.2, yaitu dari TRL 1,0 MH hingga TRL 2,25 MH. Jarak lumener maksimum umumnya kurang dari 4,5 kali tinggi pemasangan.
2. Distribusi cahaya sedang, sebuah lumener diklasifikasikan memiliki distribusi cahaya sedang ketika titik intensitas maksimumnya terletak di zona *Medium* dapat dilihat pada gambar 2.2, yaitu dari TRL 2,25 MH hingga TRL 3,75 MH. Jarak lumener maksimum umumnya kurang dari 7,5 kali tinggi pemasangan.
3. Distribusi cahaya panjang, sebuah lumener diklasifikasikan memiliki distribusi cahaya yang panjang ketika titik intensitas maksimumnya terletak pada zona *Long* dapat dilihat pada gambar 2.2, yaitu dari TRL 3,75 MH

hingga TRL 6,0 MH. Jarak lumener maksimum kurang dari 12 kali tinggi pemasangan (M. Harrold, 2000).

2.2.2 Distribusi Cahaya Lateral

Distribusi cahaya lateral dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan lokasi lumener dalam kaitannya dengan area yang akan diterangi yaitu lumener di atau dekat pusat area dan lumener dekat sisi area (M. Harrold, 2000).

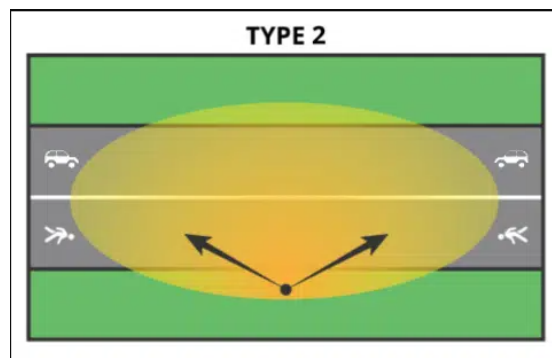
1. Tipe I, sebuah distribusi cahaya diklasifikasikan sebagai tipe I ketika intensitas cahaya maksimumnya jatuh antara 1 MH di sisi rumah dan 1 MH pada sisi jalan dari posisi lumener. Distribusi tipe I diilustrasikan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Distribusi Cahaya Tipe I

Sumber (M. Harrold, 2000)

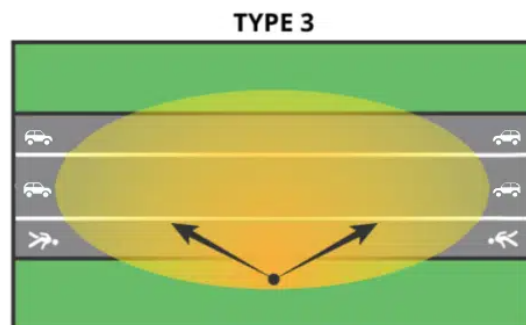
2. Tipe II, sebuah distribusi cahaya diklasifikasikan sebagai tipe II ketika intensitas cahaya maksimumnya jatuh antara 1 MH sampai 1,75 MH di sisi jalan dari posisi lumener. Distribusi tipe II diilustrasikan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Distribusi Cahaya Tipe II

Sumber (M. Harrold, 2000)

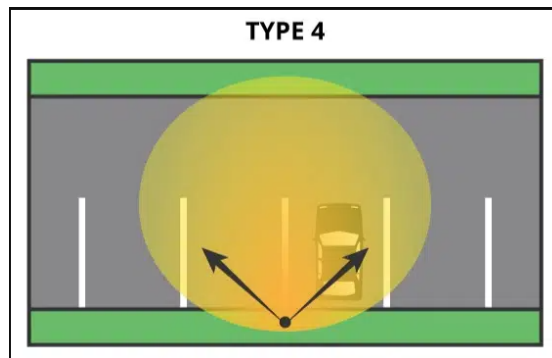
3. Tipe III, sebuah distribusi cahaya diklasifikasikan sebagai tipe III ketika intensitas cahaya maksimumnya jatuh antara 1,75 MH sampai 2,75 MH di sisi jalan dari posisi lumener. Distribusi tipe III diilustrasikan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Distribusi Cahaya Tipe III

Sumber (M. Harrold, 2000)

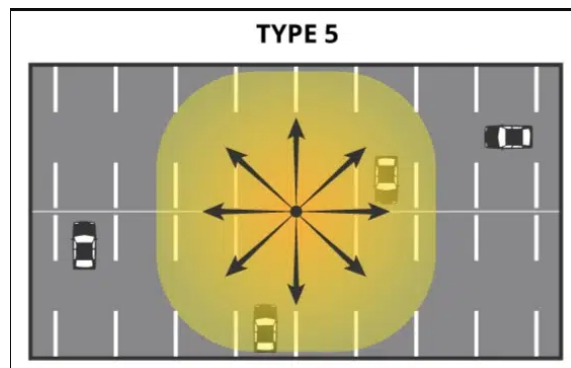
4. Tipe IV, sebuah distribusi cahaya diklasifikasikan sebagai tipe IV ketika intensitas cahaya maksimumnya jatuh antara 2,75 MH sampai 3,7 MH di sisi jalan dari posisi lumener. Distribusi tipe IV diilustrasikan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Distribusi Cahaya Tipe IV

Sumber (M. Harrold, 2000)

5. Tipe V, sebuah distribusi cahaya diklasifikasikan sebagai tipe V ketika intensitas cahaya maksimumnya jatuh sirkular simetris di sekitar posisi luminer. Distribusi tipe V diilustrasikan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Ditribusi Cahaya Tipe V

Sumber (M. Harrold, 2000)

2.3 Penerangan

Penerangan merupakan sumber cahaya yang digunakan untuk menerangi ruangan atau tempat dengan tujuan memudahkan manusia dalam melihat dan melakukan aktivitas. Penerangan pada bangunan sangat penting karena manusia membutuhkan cahaya untuk melihat dengan jelas apa yang ada di sekitarnya. Di rumah, penerangan umumnya digunakan di berbagai ruangan, teras, halaman, kamar tidur, toilet, dan garasi, bahkan saat ini juga digunakan untuk tujuan

dekoratif. Setiap ruangan menggunakan jenis lampu yang berbeda sesuai dengan kebutuhan ruangan tersebut. Hal yang sama berlaku untuk bangunan besar seperti hotel, gedung perkantoran, rumah sakit, industri, sekolah, mal, stadion, dan sirkuit. Di luar bangunan, penerangan yang diperlukan meliputi penerangan jalan umum (PJU), lampu reklame, dekorasi taman, dan lain sebagainya. (Sri Wahyuni, 2021). Ciri penerangan yang baik adalah sebagai berikut :

2.3.1 Penerangan Cahaya Yang Cukup

Ketersediaan penerangan yang memadai dapat berdampak pada kemampuan seseorang dalam melihat. Ukuran benda yang diamati memiliki peran penting dalam kemampuan melihat dengan jelas. Mata membutuhkan cahaya yang memadai saat berada di dalam ruangan dengan pencahayaan alami yang terbatas. Namun, untuk melihat benda-benda yang berukuran kecil, diperlukan tingkat penerangan yang lebih tinggi dari standar normal. Hal ini memungkinkan benda tersebut dapat dilihat dengan detail dan kejelasan yang lebih tinggi. (Sri Wahyuni, 2021).

2.3.2 Sinar Yang Menyilaukan

Pada Prinsip dasar adalah menghindari sinar atau sumber cahaya yang menyilaukan pada suatu objek. Sinar yang menyilaukan biasanya berasal langsung dari sumber cahaya atau pantulan cahaya. Penyebab utama munculnya sinar yang menyilaukan adalah penggunaan lampu tanpa pelindung (cover) atau penempatan lampu yang tidak sesuai dengan spesifikasinya. Untuk mengurangi sinar yang menyilaukan, beberapa langkah dapat diambil, seperti memasang lampu pada lokasi yang tepat, menggunakan jenis lampu yang sesuai dengan kebutuhan setiap lokasi, mengatur kemiringan lampu, serta mengatur jarak dan tinggi lampu terhadap

objek yang diterangi. Selain itu, dalam perencanaan penerangan, penting untuk mempertimbangkan tata letak fasilitas sesuai dengan pencahayaan yang ada di ruangan tersebut, agar tidak mengganggu pengguna dengan penerimaan cahaya yang tidak tepat dan efek pantulan cahaya yang berlebihan. (Sri Wahyuni, 2021).

2.3.3 Terang Cahaya

Setiap objek memiliki warna yang berbeda-beda, dan ini bergantung pada tingkat kecerahan cahaya yang memungkinkan manusia untuk melihat objek tersebut. Penglihatan terhadap suatu objek seringkali bergantung pada perbedaan cahaya yang ada antara objek tersebut dan latar belakangnya (kontras). Perbedaan tingkat kecerahan ini disebut sebagai rasio kontras. Semakin besar atau baik rasio kontras, semakin mudah bagi kita untuk mengamati objek tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menciptakan pencahayaan yang relatif seragam di ruangan agar objek-objek di dalamnya dapat dilihat dengan jelas. (Sri Wahyuni, 2021).

2.3.4 Warna yang sesuai

Penggunaan warna memiliki peran penting dalam menciptakan kondisi lingkungan kerja yang baik, nyaman, dan kondusif. Dalam kenyataannya, pemilihan warna yang sesuai dengan lingkungan kerja dapat memberikan dampak yang sangat positif, terutama mengingat pekerjaan seringkali dilakukan dalam waktu yang lama di tempat atau lokasi yang sama. Selain itu, penggunaan warna yang tepat juga dapat mengurangi pantulan cahaya atau efek pudarnya cahaya akibat ketidakmerataan warna yang terang. Oleh karena itu, penting untuk menyesuaikan penggunaan warna lampu dengan warna ruangan guna menciptakan kondisi lingkungan kerja yang optimal. (Sri Wahyuni, 2021).

2.4 Penerangan Jalan Umum

Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah komponen tambahan dari infrastruktur jalan yang dapat dipasang di sisi kiri/kanan jalan atau di tengah (median) jalan. Tujuan dari PJU adalah untuk memberikan pencahayaan pada jalan serta lingkungan sekitarnya. PJU diperlukan di berbagai lokasi, termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan, dan jalan bawah tanah. Fungsi utama PJU adalah untuk meningkatkan visibilitas dan keamanan bagi pengguna jalan, mengurangi risiko kecelakaan, serta memberikan kenyamanan dalam beraktivitas di sekitar jalan.

Lampu penerangan yang dimaksud adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (*light source*), elemen-elemen optik (pemantul/*reflector*, penyebar/*refractor*, dan penyebar/*diffuser*), elemen elektrik (*power supply*) dan struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu (Jenderal Bina Marga, 1991).

Lampu jalan, yang juga dikenal sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU), merupakan lampu yang digunakan untuk memberikan pencahayaan pada jalan pada malam hari. Tujuannya adalah untuk membantu pengguna jalan melihat jalan dengan lebih jelas saat kondisi gelap, sehingga meningkatkan keselamatan lalu lintas dan keamanan. Lampu PJU merupakan perangkat elektronik yang memiliki umur pakai yang terbatas, sehingga perawatan dan perbaikan secara teratur sangat penting. Perbaikan dapat meliputi perbaikan pada jaringan kelistrikan, penggantian lampu yang mati, dan pemeriksaan kondisi umum dari PJU. Tindakan perbaikan dan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin akan memastikan lampu jalan

berfungsi dengan baik dan memberikan pencahayaan yang optimal bagi jalan dan pengguna jalan.

2.4.1 Fungsi Penerangan Jalan Umum

Fungsi utama penerangan jalan umum (PJU) adalah memberikan pencahayaan buatan bagi pengguna jalan sehingga mereka merasa aman dalam melakukan aktivitas perjalanan di malam hari, pada dokumen Badan Standardisasi Nasional No.7391:2008 disebutkan penerangan jalan di Kawasan perkotaan mempunyai fungsi antara lain :

1. Menghasilkan kekontrasan antara obyek dan permukaan jalan;
2. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan;
3. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari;
4. Mendukung keamanan lingkungan;
5. Memberikan keindahan lingkungan jalan (Standardisasi Nasional, 2008).

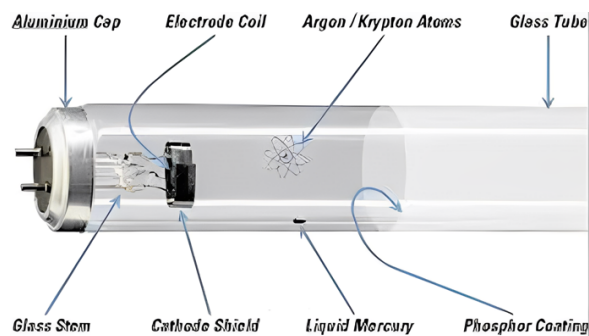
Adapun disebutkan pada dokumen Direktorat Jenderal Bina Marga tentang spesifikasi lampu penerangan jalan perkotaan, beberapa fungsi dari lampu penerangan jalan antara lain :

1. Untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara, khususnya untuk mengantisipasi situasi perjalanan pada malam hari.
2. Memberi penerangan sebaik-baiknya menyerupai kondisi di siang hari.
3. Untuk keamanan lingkungan atau mencegah kriminalitas.
4. Untuk memberikan kenyamanan dan keindahan lingkungan jalan (Jenderal Bina Marga, 1991)

2.4.2 Jenis Lampu Penerangan Jalan

Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum yaitu :

- a. Lampu tabung fluoresen terdiri dari tabung kaca yang dilapisi dengan serbuk fosfor di bagian dalamnya. Serbuk fosfor ini adalah bahan semikonduktor yang mengubah radiasi ultraviolet menjadi cahaya tampak. Dalam gambar 2.8, terlihat bahwa lampu fluorescent diisi dengan gas inert seperti argon atau kripton yang berfungsi untuk memulai penyalaan dan juga mengandung uap raksa (merkuri) yang mengubah sekitar 60% dari daya masukan menjadi cahaya. Gas inert juga memiliki fungsi lain, yaitu memperpanjang umur elektroda dengan mengurangi penguapan dari elektroda. Hal ini terjadi karena adanya gas inert mengurangi evaporasi dari pengendali kecepatan elektron bebas, sehingga memungkinkan terjadinya ionisasi merkuri dan mempermudah aliran arus di dalam tabung, terutama pada suhu rendah. (Rahayu, 2018).



Gambar 2.8 Lampu *Fluorescent*

Sumber (Soebagio Ph.D et al., 2013)

- b. Lampu Merkuri atau HPL-N (High-Pressure Mercury Lamp - Nomenclature) adalah jenis lampu merkuri fluoresen bertekanan tinggi yang termasuk dalam keluarga lampu tabung. Nama HPL-N digunakan untuk produk lampu merkuri fluoresen tertentu yang dikenal di Eropa. Di Inggris dan Australia, jenis lampu

ini dikenal dengan nama MBF, di Amerika dengan nama HX dan DX, dan di Jepang dikenal dengan nama HF. Gambar 2.9 menunjukkan bentuk lampu merkuri. Konstruksi lampu merkuri terdiri dari dua tabung, yaitu tabung dalam yang disebut Arc Tube dan tabung luar yang disebut bohlam (bulb). Tabung dalam diisi dengan merkuri yang berperan dalam menghasilkan radiasi ultraviolet, sementara gas argon digunakan untuk keperluan starting atau proses penyalan awal. Tabung luar atau bohlam berfungsi sebagai tabung penahan dan menjaga suhu di sekitar tabung dalam agar tetap stabil. Prinsip kerja lampu merkuri sama dengan lampu fluoresen, di mana cahaya yang dihasilkan berdasarkan terjadinya lucutan elektron (electron discharge) di dalam tabung lampu. Cahaya ultraviolet yang dihasilkan oleh merkuri kemudian diubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan fosfor pada dinding dalam tabung lampu. Proses ini menghasilkan cahaya yang terang dan efisien. (Assaffat, 2008).



Gambar 2.9 Lampu Merkuri

Sumber (Assaffat, 2008)

- c. Lampu LVD (Low Voltage Discharge) merupakan jenis lampu yang memiliki tiga komponen utama, yaitu ballast dengan frekuensi tinggi, kumparan induksi, dan lampu itu sendiri. Pada gambar 2.10, terlihat ilustrasi dari lampu LVD. Cahaya pada lampu LVD dihasilkan melalui tabrakan elektron yang melepaskan

dua elektroda dan mengenai lapisan fluorescent pada tabung lampu. Dalam lampu LVD, elektroda seperti anoda dan katoda dihilangkan. Sebagai pengganti, medan magnet digunakan untuk menggerakkan elektron. Medan magnet ini dihasilkan oleh lilitan induksi yang dihubungkan dengan arus listrik. Jika tidak ada arus yang mengalir melalui lilitan, tidak ada induksi dan tidak ada medan magnet, sehingga lampu tidak akan menyala. Namun, jika arus listrik mengalir melalui lilitan, lampu akan menyala secara instan. Lampu LVD induksi sangat cocok untuk penghematan energi dan digunakan di tempat-tempat yang sulit dijangkau, seperti lampu tinggi untuk pabrik, lampu sorot, penerangan jalan, terowongan, dan lemari pendingin. Lampu LVD memiliki keunggulan dalam efisiensi energi dan masa pakai yang panjang, sehingga menjadi pilihan yang baik untuk lingkungan yang membutuhkan pencahayaan yang andal dan hemat energi. (Pringatun et al., 2011).



Gambar 2.10 Lampu LVD

Sumber (Sylvania, 2015)

- d. Lampu Sodium Tekanan Tinggi, yang sering disebut sebagai lampu SON-T, bekerja dengan prinsip yang sama dengan lampu Sodium Tekanan Rendah (SOX-E), yaitu berdasarkan pelepasan elektron di dalam tabung lampu. Lampu

Sodium Tekanan Tinggi (SON-T) dan Sodium Tekanan Rendah (SOX-E) termasuk dalam keluarga lampu tabung atau lampu discharge. Seperti namanya, lampu ini memiliki tekanan gas di dalam tabungnya sekitar 250 mmHg, yang menyebabkan temperatur di dalam tabung lampu menjadi tinggi. Gas yang digunakan dalam lampu ini adalah natrium, yang menghasilkan cahaya saat terjadi pelepasan elektron di dalam tabung. Cahaya yang dihasilkan oleh lampu sodium tekanan tinggi memiliki spektrum kuning atau oranye. Lampu Sodium Tekanan Tinggi (SON-T) umumnya digunakan untuk penerangan jalan raya, taman, lapangan olahraga, dan area industri. Keuntungan dari lampu SON-T termasuk efisiensi energi yang tinggi dan umur pakai yang lama. Namun, lampu ini memerlukan waktu pemanasan yang cukup lama untuk mencapai kecerahan penuh dan memiliki spektrum cahaya yang terbatas pada warna kuning atau oranye. (Assaffat, 2008).



Gambar 2.11 Lampu Sodium Tekanan Tinggi (SON)

Sumber (Assaffat, 2008)

Pada gambar 2.11 menampilkan bentuk Lampu Sodium Tekanan Tinggi (SON) yang terdiri dari dua tabung utama, yaitu tabung gas atau arc tube, dan tabung luar atau bohlam. Tabung gas (arc tube) pada lampu SON terbuat dari bahan

yang tahan terhadap uap sodium pada temperatur tinggi, seperti stellox. Tabung gas ini memiliki peran penting dalam mempertahankan kondisi kerja lampu dengan baik. Di dalam tabung gas, terdapat pengisian sodium dan merkuri. Sodium berperan dalam menghasilkan cahaya yang khas pada lampu sodium tekanan tinggi, sedangkan merkuri digunakan untuk meningkatkan tekanan gas dan tegangan kerja lampu hingga batas tertentu. Selain sodium dan merkuri, tabung gas juga diisi dengan gas mulia neon, yang berfungsi untuk keperluan starting atau proses penyalaan awal lampu. Bohlam luar pada lampu SON terbuat dari bahan kaca yang terpisah sepenuhnya dari udara luar. Bohlam ini memiliki beberapa fungsi penting. Pertama, bohlam luar melindungi tabung gas dari kerusakan akibat bahan kimia yang ada di luar, sehingga memastikan tabung gas tetap berfungsi dengan baik. Kedua, bohlam luar juga berperan dalam mempertahankan kestabilan suhu di sekitar tabung gas. Dengan mempertahankan suhu yang tepat, lampu SON dapat bekerja dengan efisien dan memberikan cahaya yang konsisten. (Assaffat, 2008).

- e. Lampu LED (*Light Emitting Diode*). LED didefinisikan sebagai semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. Seperti dioda lainnya, LED terdiri dari bahan semikonduktor P dan N. Ketika sebuah sumber disuplai ke LED, terminal negatif terhubung ke N dan terminal positif ke P, menyebabkan lubang mengalir ke arah N dan elektron di arah N. P. LED adalah perangkat keras yang kuat dan komponen spasial) dan karena itu dicirikan oleh kekokohan. Masa pakai lampu LED bisa mencapai 50.000 jam pengoperasian. Ini karena tegangan operasi DC (VDC) konstan meskipun disuplai dengan daya AC. Namun di dalam LED terdapat stabilizer yang menstabilkan kelistrikan AC. Gambar 2.12

menunjukkan contoh lampu LED yang biasa digunakan untuk penerangan jalan (Pringatun et al., 2011).



Gambar 2.12 Lampu LED

Sumber (Led & Dm, 2019)

2.4.3 Karakteristik Lampu Penerangan Jalan Umum

Dalam dokumen Badan Standardisasi Nasional no.7391 tahun 2008 disebutkan bahwa jenis lampu penerangan jalan secara umum menurut karakteristik dan penggunaannya bisa dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.1 Karakteristik lampu penerangan jalan secara umum

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna obyek	Keterangan

Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	60-70	8.000-10.000	18-20; 36-40	Sedang	<ol style="list-style-type: none"> 1. untuk jalan kolektor dan lokal; 2. efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek; 3. jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50-55	16.000-24.000	125;250 ; 400;700	Sedang	<ol style="list-style-type: none"> 1. untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan; 2. efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil; 3. jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.

Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100-200	8.000-10.000	125; 250; 400; 700	Sangat buruk	<p>1. untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyebrangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>);</p> <p>2. efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning;</p> <p>3. jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.</p>
--	---------	--------------	--------------------	--------------	---

Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000-20.000	150; 250; 400	Buruk	1. untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i> ; 2. efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; 3. jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.
---------------------------------------	-----	---------------	---------------	-------	---

Sumber (Badan Standardisasi Nasional No.7391 Tahun 2008)

2.5 Formulasi Penerangan

Formulasi Penerangan merupakan rumus-rumus yang dipakai untuk menghitung data-data yang diperlukan pada penelitian ini, berikut rumus-rumus yang dipakai pada penelitian ini :

2.5.1 Fluks Cahaya

Arus cahaya atau fluks cahaya merujuk pada aliran rata-rata energi dari cahaya. Arus cahaya diukur dengan satuan lumen (lm) dan merupakan jumlah total cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam setiap detik. Persamaan yang menggambarkan besarnya arus cahaya adalah 2.1. (Pringatun et al., 2011).

$$\Phi = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

- \emptyset = Fluks cahaya dalam lumen (lm)
- Q = Energi cahaya dalam satuan lm.jam atau lm.detik
- t = waktu dalam jam atau detik

2.5.2 Intensitas Cahaya

Persamaan 2.2 menjelaskan bahwa intensitas cahaya merupakan arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam kerucut cahaya atau cone tertentu. Intensitas cahaya dapat diinterpretasikan sebagai fluks cahaya per satuan sudut ruang dalam arah pancaran cahaya: (Rudini et al., 2021)

$$I = \frac{\emptyset}{\omega} \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

- I = Intensitas cahaya, dalam satuan candela (cd)
- \emptyset = Fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)
- ω = Sudut ruang, dalam satuan steradian (sr)

2.5.3 Iluminasi

Iluminasi atau tingkat kuat cahaya penerangan adalah jumlah arus cahaya yang jatuh pada permukaan dengan luas 1 lumen, diukur dalam satuan lux. Iluminasi dapat diinterpretasikan sebagai kerapatan fluks cahaya yang memengaruhi suatu permukaan (Rudini et al., 2021).

$$E = \frac{\emptyset}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

- E = Iluminasi, dalam satuan lux (lx)
- \emptyset = fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)
- A = luas bidang, dalam satuan meter persegi (m^2)

2.5.4 Luminasi

Luminasi merupakan fluks cahaya per satuan sudut ruang per satuan luas terproyeksi dari suatu arah yang diberikan, atau dapat dianggap sebagai intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan dengan satuan luas hasil proyeksi dari arah tersebut. Luminasi adalah ukuran kecerahan suatu benda, dan jika luminasi terlalu tinggi, dapat menyebabkan mata terasa silau. Persamaan yang menggambarkan besaran ini tidak diberikan dalam pertanyaan. Mohon maaf, tanpa persamaan yang spesifik, saya tidak dapat memberikan penjelasan lebih lanjut.: (Rudini et al., 2021)

$$L = \frac{\theta}{\omega} (A \times \cos\theta) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$L = \frac{I}{A} \times \cos\theta \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

L = Luminasi dalam satuan candela per meter persegi (cd/m^2)

θ = Sudut dalam penglihatan dengan bidang normal permukaan dalam satuan derajat ($^\circ$)

ω = Fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

A = Luas bidang dalam satuan meter persegi (m^2)

2.5.5 Efikasi Cahaya

Efikasi cahaya adalah perbandingan antar fluks cahaya yang dihasilkan lampu dengan daya listrik yang dipakainya, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$K = \frac{\phi}{P} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

K = Efikasi cahaya, dalam satuan lumen per watt (lm/W)

ϕ = Fluks cahaya, dalam satuan lumen (lm)

P = Daya listrik, dalam satuan watt (W) (Biantoro & Permana, 2017)

2.5.6 Daya Listrik

Daya listrik merujuk pada laju energi listrik yang terjadi dalam suatu rangkaian listrik. Perubahan dalam arus dan tegangan pada input daya dapat mempengaruhi nilai daya listrik yang dihasilkan. Dalam sistem tegangan bolak-balik (AC), terdapat tiga jenis daya yaitu daya aktif (P) dengan satuan watt (W), daya reaktif (Q) dengan satuan volt ampere reaktif (VAR) dan daya semu (S) dengan satuan volt ampere (VA) (Agustianingsih et al., 2020).

$$P = \frac{E}{t} \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana :

P = Daya Listrik (W)

E = Energi dengan satuan Joule (J)

t = waktu dengan satuan detik (s)

Sedangkan rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.8)$$

$$P = V \times I \times \text{Cos } \varphi \times \sqrt{3} \dots \dots \dots (2.9)$$

atau

$$P = I^2 \times R \dots \dots \dots (2.10)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana:

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

Cos Phi = Faktor Daya

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω) (Kho, 2020)

2.5.7 Daya Lampu Total

Daya lampu total merupakan jumlah daya listrik lampu dikalikan dengan jumlah lampu yang tersedia, sehingga perumusan daya lampu total sebagai berikut:

$$P_{total} = P \times n \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

P_{total} = Daya lampu total (W)

P = Daya lampu (W)

N = Jumlah lampu

Untuk mengetahui daya lampu tiap bulan digunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{bulan} = P_{total} \times t \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

P_{bulan} = Daya lampu total tiap bulan (kWh/bulan)

P_{total} = Daya lampu total (W)

t = waktu lampu menyala 1 bulan (jam/bulan) (Rudini et al., 2021)

2.6 Klasifikasi Jalan

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 disebutkan bahwa jalan adalah suatu prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan pelengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan mempunyai peranan penting terutama yang menyangkut perwujudan perkembangan antar wilayah yang seimbang, pemerataan hasil pembangunan serta

pemantapan pertahanan dan keamanan nasional dalam rangka mewujudkan pembangunan nasional.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan dijelaskan bahwa penyelenggaraan jalan yang konsepsional dan menyeluruh perlu melihat jalan sebagai suatu kesatuan sistem jaringan jalan yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat kegiatan. Dalam hubungan ini dikenal sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder. Pada setiap sistem jaringan jalan diadakan pengelompokan jalan menurut fungsi, status, dan kelas jalan. Pengelompokan jalan berdasarkan status memberikan kewenangan kepada Pemerintah untuk menyelenggarakan jalan yang mempunyai layanan nasional dan pemerintah daerah untuk menyelenggarakan jalan di wilayahnya sesuai dengan prinsip-prinsip otonomi daerah (Pekerjaan Umum, 2020).

2.6.1 Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan

Klasifikasi jalan menurut fungsi jalan terbagi atas :

1. Jalan Arteri, jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien;
2. Jalan Kolektor, jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi;
3. Jalan Lokal, jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi (Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997).

2.6.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.2 (Pasal 11, PP.No 43/1993).

Tabel 2. 2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

Sumber (Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.6.3 Klasifikasi menurut medan jalan

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi Sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	<3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	>25

Sumber (Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan

perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut (Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997).

2.6.4 Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah :

1. Jalan Nasional, adalah jalan yang menjadi penghubung antar ibu kota provinsi. Status jalan nasional juga diberikan pada jalan strategis nasional dan jalan tol, kewenangan jalan nasional berada di bawah Kementerian PUPR.
2. Jalan Provinsi, adalah jalan yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis nasional. Kewenangan jalan provinsi berada di bawah pemerintah provinsi.
3. Jalan Kabupaten, adalah jalan yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan, ibu kota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan local, dan jalan strategis kabupaten. Kewenangan jalan kabupaten berada di bawah pemerintah kabupaten.
4. Jalan Kota, adalah bagian dari jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, pusat pelayanan dengan persil (perumahan dan perkebunan), antar persil, dan antar pusat pemukiman di kota. Kewenangan jalan kota berada di bawah pemerintah kota.
5. Jalan Desa, adalah jalan terkecil yang menghubungkan antar kawasan atau antar pemukiman. Kewenangan jalan desa berada di bawah pemerintah desa (Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997).

2.7 Ketentuan Pencahayaan dan Penempatan

Berdasarkan dokumen Badan Standardisasi Nasional tentang Standar Nasional Indonesia spesifikasi penerangan jalan di Kawasan perkotaan (SNI 7391:2008) menjelaskan tentang ketentuan-ketentuan dalam standar penerangan jalan umum di Indonesia sebagai berikut :

2.7.1 Pencahayaan pada ruas jalan

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminasi. Meskipun demikian lebih mudah menggunakan metoda iluminansi, karena dapat diukur langsung di permukaan jalan dengan menggunakan alat pengukur kuat cahaya. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis/klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada Tabel 2.4 (Standardisasi Nasional, 2008).

Tabel 2.4 Kualitas pencahayaan normal

Jenis/ Klasifikasi Jalan	Kuat pencahayaan (iluminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata- rata (cd/m ²)	Kemerataan (Uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal :							
- Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan kolektor							
- Primer	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
- Sekunder	3 - 7	0,14	1,00	0,40	0,50	4 - 5	20
Jalan Arteri							
- Primer	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
- Sekunder	11 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	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

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

Keterangan :

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

2.7.2 Rasio pemerataan pencahayaan (*uniformity ratio*)

Rasio maksimum antara pemerataan pencahayaan maksimum dan minimum menurut penempatan tertentu adalah seperti yang ditentukan pada table 2.5.

Tabel 2.5 Rasio pemerataan pencahayaan

Lokasi penempatan	Rasio maksimum
Jalur lalu lintas : - di daerah pemukiman - di daerah komersil/pusat kota	6 : 1 3 : 1
Jalur pejalan kaki : - di daerah pemukiman - di daerah komersil/pusat kota	10 : 1 4 : 1
Terowongan	4 : 1
Tempat-tempat peristirahatan (<i>rest area</i>)	6 : 1

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

2.7.3 Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan

Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan jalan didasarkan pada :

1. Nilai efisiensi (Tabel 2.1)
2. Umur rencana;
3. Kekontrasan permukaan jalan dan objek (Standardisasi Nasional, 2008).

2.7.4 Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan

1. Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :
 - a) Kemerataan pencahayaan yang sesuai dengan ketentuan Tabel 2.4 dan 2.5;
 - b) Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan;
 - c) Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus;
 - d) Arah dan petunjuk (*guide*) yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.
2. Sistem penempatan lampu penerangan jalan yang disarankan seperti pada Tabel 2.6.
3. Pada sistem penempatan parsial, lampu penerangan jalan harus memberikan adaptasi yang baik bagi pengendara, sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi.

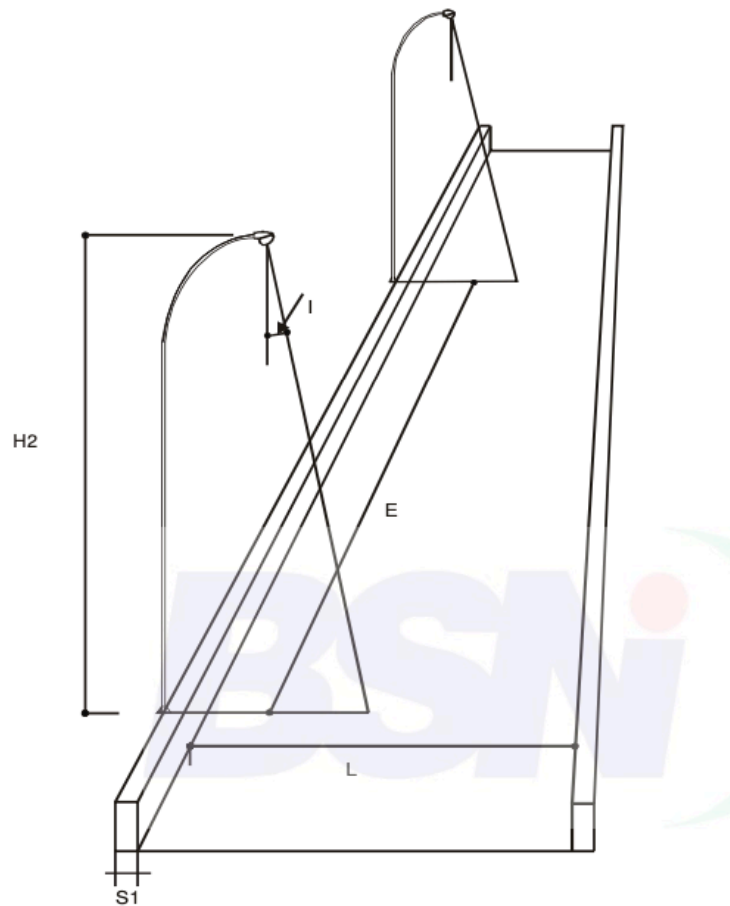
Tabel 2.6 Sistem penempatan lampu penerangan jalan

Jenis jalan / jembatan	Sistem penempatan lampu yang digunakan
Jalan arteri	Sistem menerus dan parsial
Jalan kolektor	Sistem menerus dan parsial
Jalan lokal	Sistem menerus dan parsial
Persimpangan, simpang susun, <i>ramp</i>	Sistem menerus
Jembatan	Sistem menerus

Terowongan	Sistem menerus bergradasi pada ujung-ujung terowongan
------------	---

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

4. Perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Penempatan Lampu Penerangan

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

- Keterangan :
- H = tinggi tiang lampu
 - L = lebar badan jalan, termasuk medan jika ada
 - S_1+S_2 = proyeksi kerucut cahaya lampu
 - S_1 = jarak tiang lampu ke tepi jalan
 - S_2 = jarak dari tepi jalan ke titik penyinaran terjauh
 - I = sudut inklinasi pencahayaan

Dapat dilihat pada gambar 2.13 menjelaskan penempatan lampu penerangan jalan dengan penempatan lampu pada satu sisi jalan. Dengan keterangan sebagai berikut, E merupakan jarak antar tiang lampu dengan yang lainnya dengan satuan ukur meter (m), H2 merupakan tinggi tiang lampu dengan satuan ukur meter (m), L merupakan lebar badan jalan termasuk median jalan jika ada dengan satuan ukur meter (m), S1 merupakan jarak tiang lampu ke tepi jalan dengan satuan ukur meter (m), dan I merupakan sudut inklinasi cahaya atau sudut sorot armatur lampu terhadap objek dengan satuan ukur derajat ($^{\circ}$) (Standardisasi Nasional, 2008).

5. Batasan penempatan lampu penerangan jalan tergantung dari tipe lampu, tinggi lampu, lebar jalan dan tingkat pemerataan pencahayaan dari lampu yang akan digunakan. Jarak antar lampu penerangan secara umum dapat mengikuti Batasan seperti pada Tabel 2.7 dan 2.8 (*A Manual of Road Lighting in Developing Countries*). Dalam tabel tersebut dipisahkan antara dua tipe rumah lampu. Rumah lampu (*lantern*) tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya/sinar lebih luas, tipe ini adalah jenis lampu gas sodium bertekanan rendah, sedangkan tipe B mempunyai sorotan cahaya lebih ringan/kecil, terutama yang langsung ke jalan, yaitu jenis lampu gas merkuri atau sodium bertekanan tinggi.

a) Rumah lampu tipe A

Tabel 2.7 Jarak antar tiang lampu penerangan rumah lampu tipe A

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

b) Rumah lampu tipe B

Tabel 2.8 Jarak antar tiang lampu penerangan rumah lampu tipe B

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan (m)								Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11	
50W SON atau 80W MBF/U	4	31	30	29	28	26	-	-	-	3,5 LUX
	5	33	32	32	31	30	29	28	27	
70W SON atau 125W MBF/U	6	48	47	46	44	43	41	39	37	
70W SON atau 125W MBF/U	6	34	33	32	31	30	28	26	24	6,0 LUX
100W SON	6	48	47	45	42	40	38	36	34	
150W SON atau 250W MBF/U	8	-	-	48	47	45	43	41	39	10 LUX
100W SON	6	-	-	28	26	23	-	-	-	
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	-	-	55	53	50	47	
250W SON atau 400W MBF/U	10	-	-	36	35	33	32	30	28	20 LUX
400W SON	12	-	-	-	-	39	38	37	36	30 LUX

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

Keterangan :

- Jarak antar tiang lampu dalam satuan meter.
- Rumah lampu (*latern*) tipe A mempunyai penyebaran sorotan cahaya/sinar lebih luas.
- Rumah lampu (*latern*) tipe B mempunyai penyebaran sorotan cahaya lebih ringan/kecil, terutama yang langsung ke jalan.

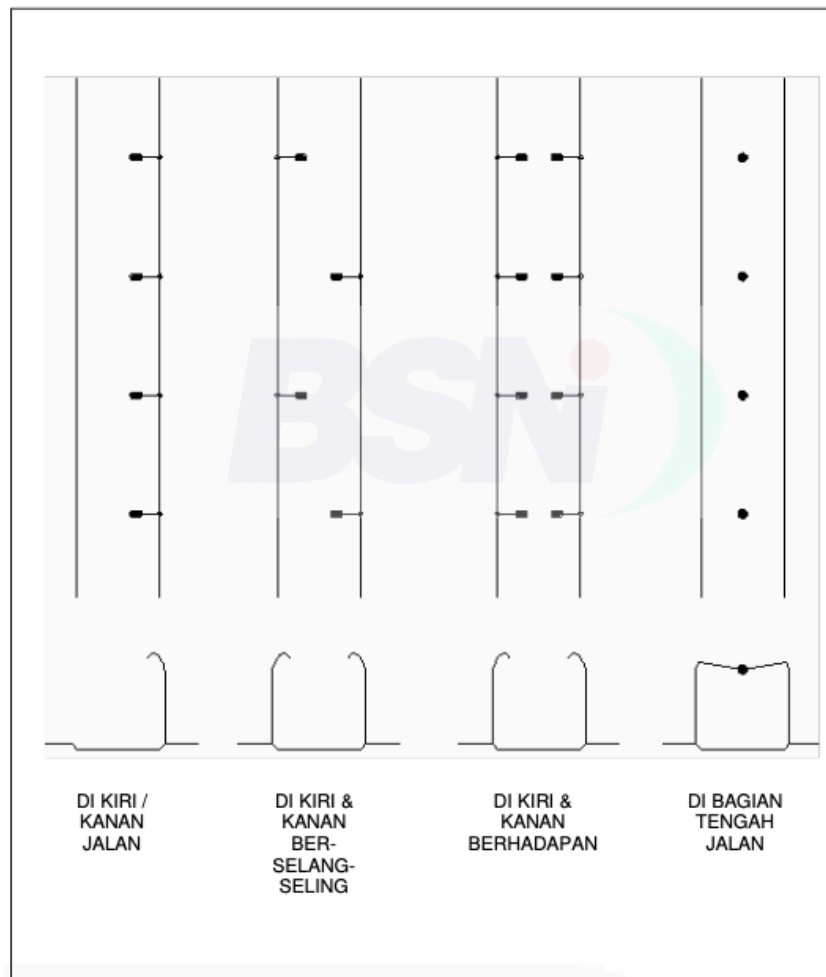
2.7.5 Penataan letak lampu penerangan jalan

Di daerah-daerah atau kondisi dimana median sangat lebar (>10 meter) atau pada jalan dimana jumlah jalur sangat banyak (>4 jalur setiap arah) perlu dipertimbangkan dengan pemilihan penempatan lampu penerangan jalan kombinasi dari cara-cara tersebut di atas dan pada kondisi seperti ini, pemilihan penempatan lampu penerangan jalan direncanakan sendiri-sendiri untuk setiap arah lalu-lintas. Penataan/pengaturan letak lampu penerangan jalan diatur seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Penataan letak lampu penerangan jalan

Tempat	Penataan / pengukuran letak
Jalan satu arah	a. di kiri atau kanan jalan; b. di kiri dan kanan jalan berselang-seling; c. di kiri dan kanan jalan berhadapan; d. di bagian tengah / separator jalan.
Jalan dua arah	a. di bagian tengah / median jalan; b. kombinasi antara di kiri dan kanan berhadapan dengan dibagian tengah / median jalan; c. katenasi (di bagian tengah jalan dengan sistem digantung).
Persimpangan	dapat dilakukan dengan menggunakan lampu menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, di median jalan, diluar daerah persimpangan (dalam RUMIJA ataupun dalam RUWASJA)

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

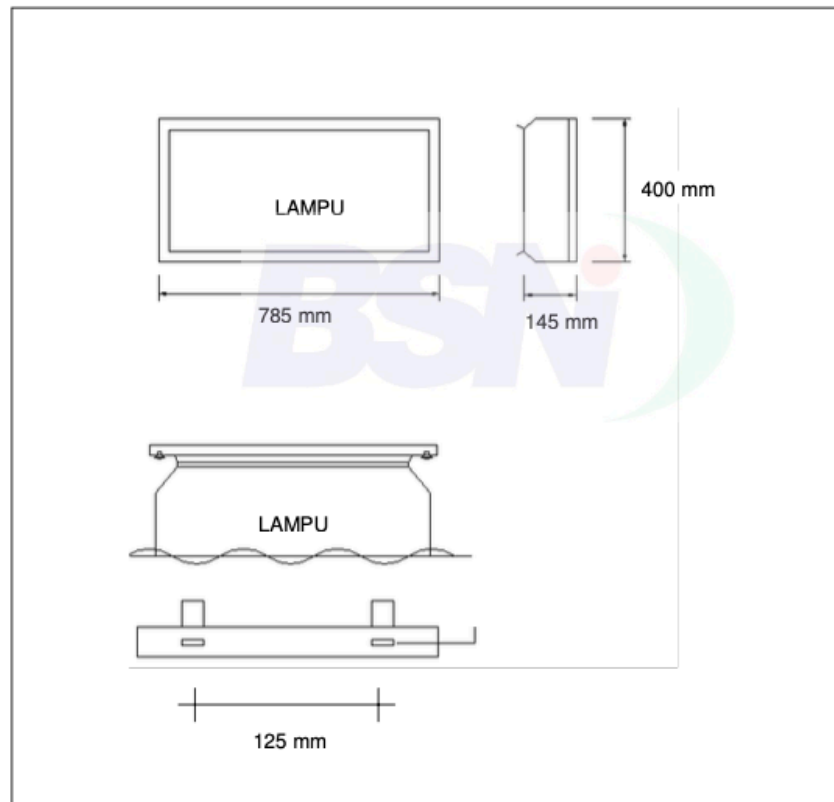


Gambar 2.14 Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

Pada gambar 2.14 menjelaskan tentang posisi penempatan lampu penerangan jalan umum pada jalan satu arah, dari kiri ke kanan gambar merupakan penempatan lampu pada satu sisi di kanan atau kiri jalan, penempatan lampu di kiri dan kanan jalan bersilangan, penempatan lampu di kiri dan kanan jalan berhadapan, dan penempatan lampu di bagian tengah jalan dengan cara digantung di tengah jalan.

Pemasangan rumah lampu tanpa tiang adalah lampu yang diletakkan pada dinding ataupun langit-langit suatu konstruksi, seperti di bawah konstruksi jembatan, di bawah konstruksi jalan layang atau di dinding maupun langit-langit terowongan, dll. Bentuk dan konstruksi rumah lampu tanpa tiang dapat dilihat pada gambar 2.16.

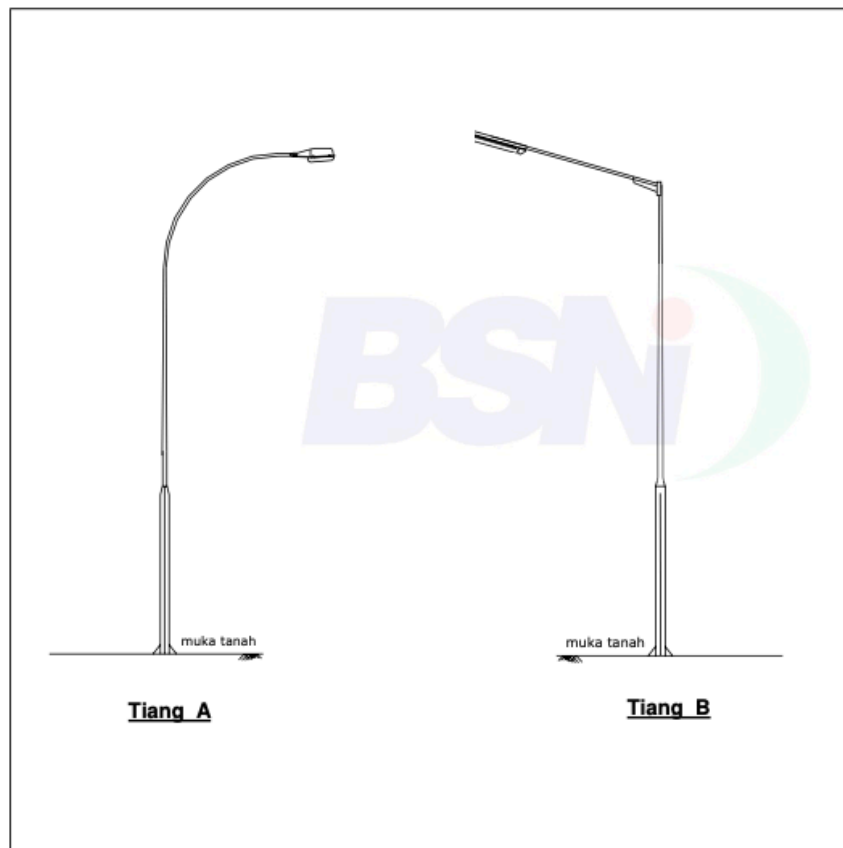


Gambar 2.16 Bentuk dan konstruksi lampu tanpa tiang

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

2. Pemasangan dengan tiang
 - a) Tiang lampu dengan lengan tunggal

Tiang lampu ini pada umumnya diletakkan pada sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan tunggal seperti diilustrasikan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Tipikal tiang lampu lengan tunggal

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

b) Tiang lampu dengan lengan ganda

Tiang lampu ini khusus diletakkan di bagian tengah/median jalan, dengan catatan jika kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan ganda seperti diilustrasikan pada Gambar 2.18.

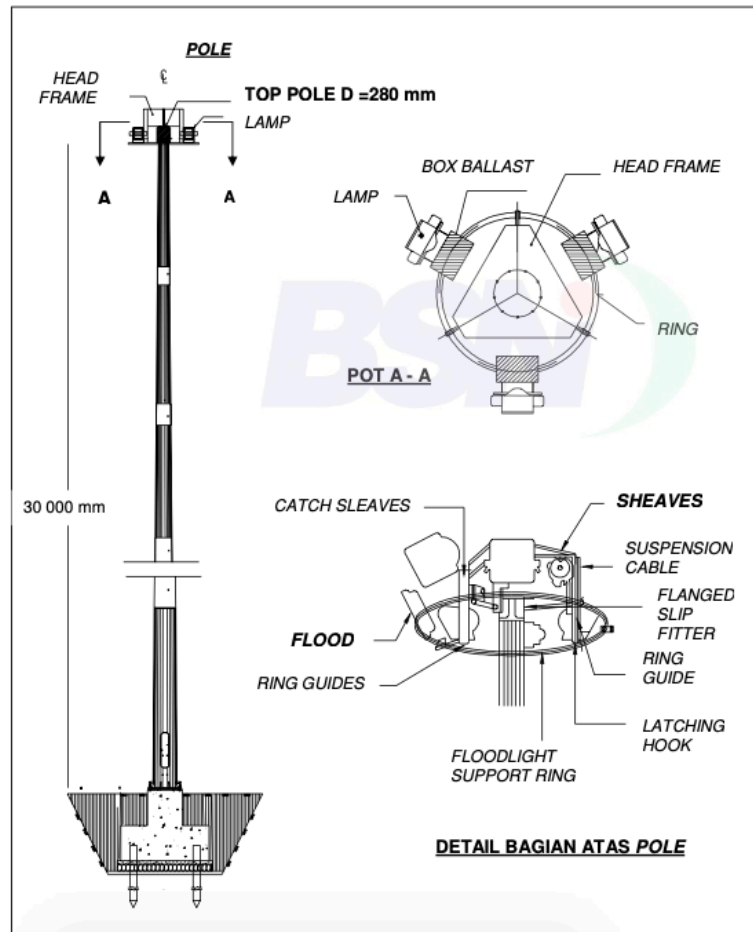


Gambar 2.18 Tipikal tiang lampu lengan ganda

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

c) Tiang lampu tegak tanpa lengan

Tiang lampu ini terutama diperlukan untuk menopang lampu menara, yang pada umumnya ditempatkan di persimpangan-persimpangan jalan ataupun tempat-tempat yang luas seperti *interchange*, tempat parkir, dll. Jenis tiang lampu ini sangat tinggi, sehingga sistem penggantian/perbaikan lampu dilakukan di bawah dengan menurunkan dan menaikkan kembali lampu tersebut menggunakan *suspension cable*. Bentuk dan konstruksi rumah lampu tegak tanpa lengan diilustrasikan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.19 Tipikal lampu tegak tanpa lengan

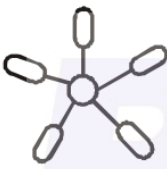
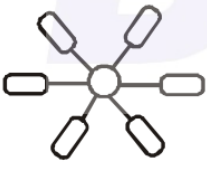
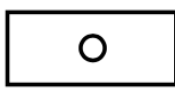
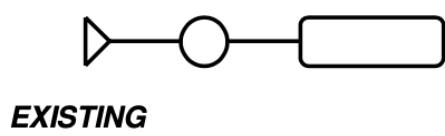
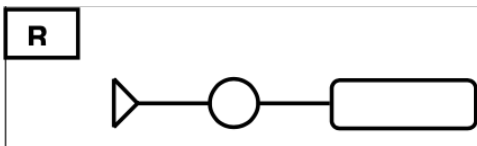
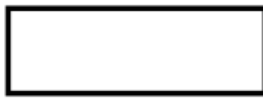
Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

2.8 Simbol perencanaan penerangan jalan

Symbol-simbol, gambar, istilah dan tanda yang digunakan untuk dalam perencanaan lampu penerangan jalan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Simbol-simbol dalam perencanaan penerangan jalan

No	Simbol	Keterangan
1		Lampu lengan tunggal
2		Lampu lengan ganda

3		Lampu menara dengan 5 buah lampu
4		Lampu menara dengan 6 buah lampu
5		Lampu tanpa tiang (lampu di bawah jembatan/jalan layang/ langit-langit terowongan)
6		Lampu dimana yang satu merupakan lampu baru sedangkan yang lain merupakan lampu yang sudah ada /lama (<i>existing</i>)
7		Lampu dimana pondasi tiangnya ditempatkan pada dinding penahan (<i>retaining wall</i>) atau bangunan pelengkap jalan lainnya
8		Panel lampu

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

2.9 Rumah Lampu Penerangan Jalan (Armatur)






Rumah lampu penerangan (*lantern*) dapat diklasifikasikan menurut tingkat perlindungan terhadap debu/benda dan air. Hal ini dapat diindikasikan dengan istilah IP (*index of protection*) atau indek perlindungan, yang memiliki 2 (dua)



angka, angka pertama menyatakan indek perlindungan terhadap debu/benda, dan angka kedua menyatakan indek perlindungan terhadap air. Sistem IP merupakan penggolongan yang lebih awal terhadap penggunaan peralatan yang tahan hujan dan sebagainya, dan ditandai dengan lambing. Semakin tinggi indek perlindungan (IP), semakin baik standar perlindungannya. Ringkasan pengkodean IP mengikuti Tabel 2.11 (*A Manual of Road Lighting in Developing Countries*).

Pada umumnya, indek perlindungan (IP) yang sering dipakai untuk klasifikasi lampu penerangan adalah : IP 23, IP 24, IP 25, IP 54, IP 55, IP 64, IP 65, dan IP 66 (Standardisasi Nasional, 2008).

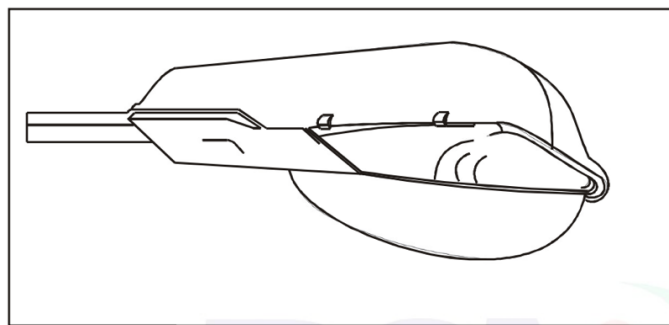
Tabel 2.11 Kode index perlindungan IP (Index of Protection)

ANGKA PERTAMA		ANGKA KEDUA	
(a) Perlindungan terhadap manusia/ benda jika bersentuhan dengan komponen dalam rumah lampu (b) Perlindungan terhadap rumah lampu jika bersentuhan dengan benda		(a) Perlindungan rumah lampu jika kontak atau bersentuhan dengan benda cair	
No./Simbol	Tingkat perlindungan	No./Simbol	Tingkat perlindungan
0	(a) Tanpa perlindungan	0	Tanpa perlindungan
	(b) Tanpa perlindungan		
1	(a) Perlindungan terhadap sentuhan yang tidak disengaja oleh bagian tubuh, seperti tangan.	1	Perlindungan terhadapap tetesan air, tetapi tidak menimbulkan efek yang bahaya dan merusak
	(b) Perlindungan terhadap masuknya benda padat, berdiameter <50mm		

2	(a) Perlindungan terhadap sentuhan jari tangan.	2 	-Tahan tetesan air; -Perlindungan terhadap tetesan air : Tetesan air yang jatuh ke rumah lampu tidak menimbulkan efek bahaya ketika rumah lampu dimiringkan dengan membentuk sudut sampai 15 derajat
	(b) Perlindungan terhadap masuknya benda, yang berdiameter <12mm dan panjang <80mm		
3	(a) Perlindungan tersentuh peralatan, kawat atau sejenisnya yang tebalnya lebih dari 2,5 mm	3 	-Tahan hujan; -Perlindungan pada air hujan dalam berbagai sudut s/d 60 derajat
	(b) Perlindungan terhadap masuknya benda yang sangat kecil tapi padat		
4	(a) Seperti pada No.3 tetapi tebalnya lebih dari 1,00 mm	4 	-Tahan percikan air; -Percikan air yang terkena dari arah manapun tidak akan menimbulkan efek bahaya
	(b) Perlindungan terhadap masuknya benda asing		
5 	(a) Perlindungan sempurna terhadap sentuhan	5 	-Tahan semburan air; -Tahan terhadap semburan air yang keluar dari keran. Misalnya keran taman.
(b) Tahan debu : Perlindungan terhadap debu, tetapi debu masih dapat masuk walau tidak dalam jumlah banyak yang dapat mengganggu operasionalisasi			

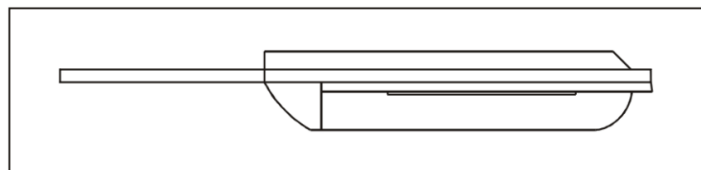
<p>6</p> 	<p>(a) Perlindungan sempurna terhadap sentuhan</p>	<p>6</p>	<p>-Tahan derasan air; -Tahan terhadap air deras misalnya gelombang air laut.</p>
	<p>(b) Tahan debu : Perlindungan yang sempurna dan debu tidak dapat masuk ke rumah lampu</p>		
<p>KETERANGAN : -Tingkat perlindungan dinyatakan dengan IP XX; -Perlindungan terhadap sentuhan atau tempat masuk air yang mana terlebih dahulu merubah X angka pertama atau kedua yang ada pada tabel diatas. Contohnya : IP 2X diartikan bahwa pagar memberi perlindungan terhadap sentuhan jari, tetapi tanpa perlindungan spesifik terhadap tempat masuknya air atau cairan lainnya.</p>		<p>7</p> 	<p>-Tahan dan kedap air; -Air tidak mungkin masuk pada kondisi waktu dan tekanan yang tetap.</p>
		<p>8</p>	<p>-Tahap dan kedap air; -Air tidak mungkin masuk pada kondisi waktu dan tekanan yang tinggi/khusus.</p>

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)



Gambar 2.20 Contoh rumah lampu merkuri

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)



Gambar 2.21 Contoh rumah lampu sodium

Sumber (Standardisasi Nasional, 2008)

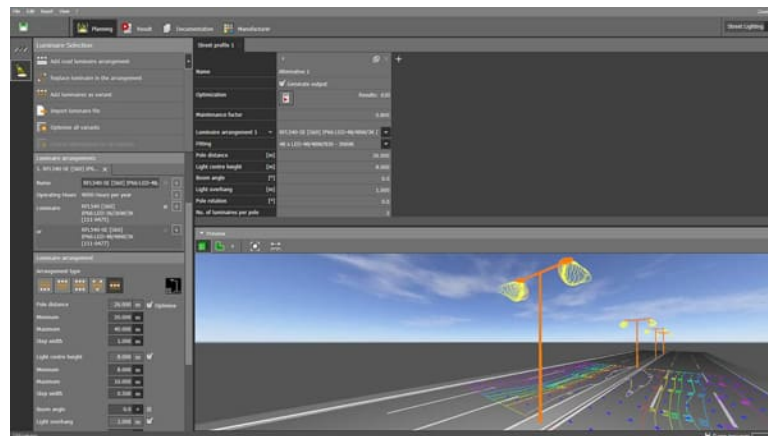
2.10 Dialux Evo

Dialux adalah sebuah program gratis yang telah mengalami pertumbuhan yang cepat dan memenuhi kebutuhan informasi terkini mengenai teknologi pencahayaan alami dan buatan. Program ini dapat secara otomatis membuat laporan teknis dan terus mengembangkan kemampuan visual rendering. Kombinasi kemampuan teknis dan estetis yang terus ditingkatkan menjadikan program ini menarik bagi penulis. (Satwiko, 2011).

Pada tahun 1989, sejarah Dialux dimulai dengan pendirian DIAL (*Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik*) GmbH di Jerman. Pada tahun 1994, Dialux dibuat melalui sebuah konsorsium industri yang terkait dengan lampu, dengan tujuan untuk menjawab kebutuhan tata cahaya yang terus berkembang. Awalnya, konsorsium ini terdiri dari 12 perusahaan lampu dari berbagai negara. Perusahaan-perusahaan tersebut menyediakan katalog elektronik produk mereka dalam bentuk plugin bagi pengguna Dialux. Dialux terus mengalami pengembangan agar dapat lebih mudah berintegrasi dengan program gambar lainnya. Hal ini memberikan keuntungan bagi pengguna yang sudah terampil dalam menggunakan program gambar seperti AutoCAD dan SketchUp, karena mereka dapat dengan mudah membuat model yang sesuai untuk Dialux. Dengan adanya integrasi yang lebih baik antara Dialux dan program-program gambar lainnya, pengguna dapat lebih efisien dalam merancang desain pencahayaan yang optimal. (Satwiko, 2011).

Dialux tidak hanya digunakan untuk simulasi tata cahaya ruang dalam atau indoor, tetapi juga dapat digunakan untuk simulasi tata cahaya ruang luar atau outdoor, termasuk dengan menggunakan teknologi lampu baru seperti LED (Light Emitting Diode). Meskipun demikian, kemampuan Dialux dalam melakukan

simulasi tata cahaya ruang luar masih perlu ditingkatkan karena terdapat parameter-parameter yang berbeda dalam konteks tersebut. Selain itu, Dialux juga dapat digunakan untuk melakukan simulasi refleksi pada jalan. Hal ini berguna untuk mengetahui distribusi luminan yang lebih merata dan memperhitungkan penggunaan energi pencahayaan yang lebih efisien. Pada gambar 2.22 ditampilkan antarmuka pengguna (*interface*) Dialux Evo, yang digunakan dalam program untuk melakukan simulasi pencahayaan. (Satwiko, 2011).



Gambar 2.22 Software Dialux Evo

Sumber (Satwiko, 2011)

2.11 Penelitian Terkait

Berbagai studi tentang analisis pencahayaan sudah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan diantaranya dengan mengukur langsung lalu menganalisa hasil pengukuran ataupun dengan menggunakan *software*. Berikut ini beberapa penelitian terkait untuk acuan penelitian analisis pencahayaan dapat dilihat pada tabel

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
----	------------------	------------------	-----------	-----------

1	<p>Analisis Efisiensi Daya Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya di Kecamatan Pulau Ternate</p>	<p>Dari hasil analisis data diperoleh bahwa kuat pencahayaan dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan arus pada panel surya. Untuk panel surya yang tidak terhalang oleh bayangan pepohonan kuat pencahayaannya sebesar 10 lux, sedangkan kuat pencahayaan pada lampu penerangan jalan umum yang terhalang dari pepohonan dan dedaunan sebesar 9 lux</p>	<p>Penelitian ini membahas tentang kuat pencahayaan penerangan jalan umum dan membahas tentang daya lampu penerangan jalan umum</p>	<p>Penelitian ini tidak memakai <i>software</i> DiaLux Evo dan lokasi penelitian yang berbeda.</p>
---	--	--	---	--

2	<p>Analisis Penerangan Jalan Umum di Jalan Tol Kabupaten Pangandaran dan Peluang Hemat Energi</p>	<p>1. Kondisi PJU Eksisting di ruas jalan tol Kabupaten Pangandaran tingkat iluminasi rata-rata yang dihasilkan dari lampu SON-T 150 W sebesar 3,1 lux dengan pemerataan cahaya sebesar 0,0. Jika melihat ketentuan SNI 7391:2008 maka belum sesuai SNI. Sedangkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan <i>software</i> Dialux 4.13 tingkat iluminasi rata-rata yang dihasilkan dari luminer Phillips LED 150 W sebesar 11 lux dengan pemerataan cahaya sebesar 0.106 lux. Jika melihat ketentuan SNI 7391:2008 maka tingkat iluminasi rata-rata dan nilai pemerataan sudah sesuai SNI 7391:2008. Untuk hasil simulasi dari luminer Phillips LED 120 W tingkat iluminasi rata-rata sebesar</p>	<p>Penelitian ini membahas tentang analisis penerangan jalan umum dengan menggunakan <i>software</i> Dialux Evo dan membahas daya penernagan jalan umum.</p>	<p>Pada penelitian ini memiliki perbedaan yaitu lokasi penelitian yang berbeda.</p>
---	---	--	--	---

		<p>11 lux dengan pemerataan cahaya sebesar 0.114 lux. Jika melihat ketentuan SNI 7391:2008 maka tingkat iluminasi rata-rata dan nilai pemerataan sudah sesuai SNI 7391:2008.</p> <p>2 . Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan <i>software</i> DiaLux Evo 4.13, penggunaan lampu LED 120 W pada penerangan jalan umum di jalan Tol Kabupaten Pangandaran menghasilkan peluang penghematan energi listrik sebesar 20%.</p>		
--	--	--	--	--

3	Evaluasi Tingkat Penerangan jalan Umum (PJU) di Kota Gorontalo	<p>Setelah melakukan analisis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa ruas jalan Prof. Dr. Jhon A. Katili yang merupakan jalan arteri cenderung lebih banyak lampu yang intensitas pencahayaan di bawah standar. Dari 13 buah lampu PJU memiliki kriteria persentase dibawah standar 54%, sesuai standar 38%, dan diatas standar 8%. Jadi intensitas pencahayaan penerangan jalan umum di ruas jalan Prof. Dr. Jhon A. Katili dibandingkan dengan standar yang berlaku, intensitas pencahayaan tidak merata pada masing-masing PJU. Untuk PJU 1 yang terletak pada perempatan jalan terdapat lampu lalu lintas, Batasan kuat pencahayaan (iluminasi) dan luminansi pada rambu-rambu lalu lintas yang dipasang berdekatan dengan penerangan jalan atau papan</p>	Penelitian ini membahas tentang analisis penerangan jalan umum	Pada penelitian memiliki perbedaan yaitu penelitian ini tidak memakai <i>software</i> DiaLux Evo dan lokasi penelitian yang berbeda
---	--	--	--	---

		reklame bertujuan agar lebih menarik perhatian bagi pengguna jalan.		
--	--	---	--	--

4	<p>Analisa Optimalisasi Penerangan Jalan Umum Menggunakan lampu LED Sebagai Alternatif Pengganti Lampu Konvesional di Kabupaten Tasikmalaya</p>	<p>1. Nilai kuat penerangan pada jenis lampu LED dengan daya 90 Watt jarak tiang 50 meter dan lebar jalan 6 meter yang dievaluasi pada ruas jalan di Kabupaten Tasikmalaya telah memenuhi standar Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 27 tahun 2018 (4-9 lux) karena semua hasil evaluasi memiliki rata-rata kuat penerangan sebesar 8,3 lux dan daerah yang sebaran cahayanya optimal adalah sebesar $131,9 \text{ m}^2 / 300 \text{ m}^2 = 56\%$. Sedangkan dalam simulasi dialux kuat rata-rata penerangan sebesar 10.1 lux adanya perbedaan hasil kuat penerangan dikarenakan ada faktor faktor yang mempengaruhinya seperti kabut, kotor nya kaca pada armatur sedangkan pada dialux tidak dipengaruhi oleh faktor alam maupun lingkungan.</p> <p>2. Untuk PJU konvesional di</p>	<p>Penelitian ini membahas tentang kuat penerangan jalan umum dengan menggunakan <i>software</i> Dialux Evo</p>	<p>Penelitian ini memiliki perbedaan yaitu lokasi penelitian yang berbeda dan penelitian ini tidak membahas mengenai konsumsi daya lampu penerangan jalan umum.</p>
---	---	--	---	---

		<p>Kabupaten Tasikmalaya sudah memenuhi standar tetapi tidak optimal dikarenakan hasil dari perhitungan menghasilkan tingkat iluminasi rata-rata sebesar 16.25 lux dan itu melebihi standar yang berlaku (4-9 lux), untuk lampu PJU SON-T lux yang sesuai hanya $62,8 \text{ m}^2 / 300 \text{ m}^2 = 26,6\%$.</p>		
--	--	---	--	--

5	<p>Penggunaan LED pada lampu penerangan jalan umum untuk meningkatkan efisiensi dan penghematan energi listrik</p>	<p>Kondisi PJU eksisting menunjukkan penyebaran kuat cahaya menggunakan luminer SON – T tidak optimal, diakibatkan rendahnya faktor kehilangan cahaya serta spesifikasi tiang yang kurang tepat. Pada kondisi yang optimal dan sesuai dengan persyaratan kualitas pencahayaan normal dari SNI nomor 7391:2008, luminer SON-T yang terpasang dengan spesifikasi tiang yang tepat akan dapat memberikan kuat cahaya rata-rata sebesar 16 lux dengan perbandingan nilai kuat cahaya minimum terhadap maksimum sebesar 0,237. Konsumsi energi listrik yang diperlukan setiap bulannya adalah sebesar 3.671,5 kWh/bulan dengan suplai tenaga listrik 28,8 kVA. Simulasi dengan menggunakan luminer LED dapat memberikan kuat cahaya rata-rata sebesar 16 lux</p>	<p>Dalam Penelitian ini memiliki beberapa persamaan yaitu penelitian ini membahas mengenai kuat pencahayaan penerangan jalan umum dan juga menghitung konsumsi energi penerangan jalan umum.</p>	<p>Dalam penelitian ini memiliki beberapa perbedaan yaitu penelitian ini tidak memakai <i>software</i> Dialux Evo sebagai aplikasi untuk simulasi kuat cahaya penerangan jalan umum dan lokasi penelitian yang berbeda.</p>
---	--	---	--	---

		<p>dengan perbandingan nilai kuat cahaya minimum terhadap maksimum sebesar 0,233. Konsumsi energi listrik yang diperlukan setiap bulannya adalah sebesar 1.708,5 kWh/bulan dengan suplai tenaga listrik 4,9 kVA. Dengan demikian, potensi penghematan energi listrik yang dapat dicapai pada lokasi penelitian dilaksanakan adalah sebesar 1.963 kWh/bulan atau sekitar 53 persen dengan penghematan suplai tenaga listrik sebesar 21,9 kVA atau sekitar 81,5 persen.</p>		
--	--	---	--	--