

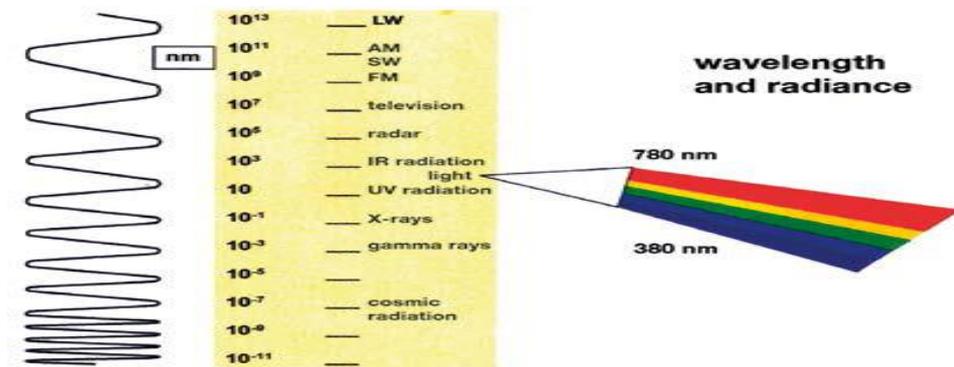
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Optimasi

Optimasi adalah sebuah proses menemukan praktik terbaik yang dilakukan untuk mencapai hasil yang maksimal dan ideal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada sebaik mungkin. Secara sederhana arti Optimasi adalah serangkaian proses untuk mengoptimalkan apa yang sudah ada (Kamus Besar Bahasa Indonesia Digital, 2020). Maka, Optimasi suatu proses menemukan dan memanfaatkan tingkat kuat pencahayaan penerangan jalan umum terbaik yang sesuai dengan standar sehingga menciptakan kenyamanan visibilitas bagi pengguna jalan

2.2 Cahaya



Gambar 2.1 Spektrum Cahaya Tampak

(Bodenhaupt & Lindemuth, 2015)

Cahaya adalah suatu gelombang spektrum elektromagnetik yang dapat dipancarkan oleh suatu sumber cahaya dan diterima oleh mata manusia. Dimana pada Panjang gelombangnya memiliki frekuensi tertentu sehingga menjadi cahaya tampak. Radiasi gelombang elektromagnetik cahaya berada antara 380nm dan 780nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9}$) gelombang tersebut dapat diterima oleh mata manusia sebagai

cahaya. Kecepatan penyebaran gelombang elektromagnetik pada ruang hampa mendekati 300.000 km/s kecepatan cahaya (Bodenhaupt and Lindemuth, 2015).

2.3 Pencahayaan

Pencahayaan adalah energi cahaya yang mengenai suatu permukaan sehingga mampu dilihat dengan mata. Pencahayaan siang hari (menggunakan jendela, lampu langit-langit, atau rak cahaya) kadang-kadang digunakan sebagai sumber cahaya utama pada siang hari di gedung-gedung. Pencahayaan yang tepat dapat meningkatkan kinerja tugas, meningkatkan tampilan suatu area, atau memiliki efek psikologis positif pada penghuninya.

2.3.1 Pencahayaan Alami

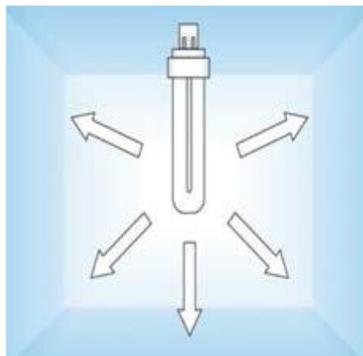
Pencahayaan alami tidak dibuat dengan campur tangan manusia. Pencahayaan alami berasal dari suatu objek atau spesies hidup, contoh pencahayaan alami berasal dari matahari, cahaya langit, bulan, petir, aurora sedangkan pencahayaan spesies hidup berasal dari bioluminasi. Cahaya natural berperan penting dalam kehidupan, menciptakan lingkungan yang nyaman, bermanfaat bagi kesehatan tubuh dan dapat mengurangi konsumsi energi listrik.

2.3.2 Pencahayaan Buatan

Secara historis, sumber cahaya buatan dibagi menjadi dua jenis, pijar dan pendar. Pada dasarnya, penyebab emisi cahaya adalah sama yaitu transisi elektronik dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah. Zat padat pijar terus menerus memancarkan spektrum cahaya, sedangkan pelepasan gas memancarkan spektrum cahaya secara terpisah. Elemen pijar dapat memancarkan spektrum terpisah, sedangkan pelepasan gas tekanan tinggi menghasilkan spektrum cahaya kontinu. Contoh sumber cahaya pijar adalah lampu filamen, kaus mantel,

radiasi busur karbon. Contoh sumber cahaya pendar adalah fotoluminasi, dan elektroda luminasi.

2.4 Kuantitas Fotometrik



Gambar 2.2 Flux Luminasi

(Bodenhaupt & Lindemuth, 2015)

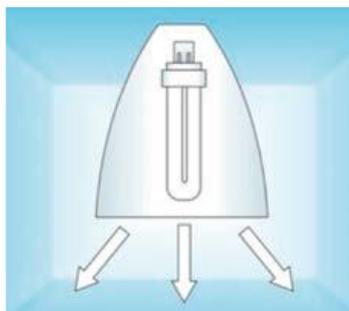
Kuantitas fotometrik seperti lumen, candela dan lux memiliki hubungan satu sama lain, lumen adalah daya pancar oleh lampu, candela adalah flux cahaya yang berhubungan dengan sudut dan lux adalah flux pencahayaan pada suatu area. Lumen menunjukkan nilai dari total keluaran cahaya dari sudut kerucut lampu cahaya yang dipancarkan pada semua arah. Karena sebenarnya cahaya yang dipancarkan oleh sumber tidak terpancar pada semua arah, intensitas cahaya memiliki satuan candela, nilai candela menunjukkan suatu nilai cahaya yang mengarah pada suatu arah tertentu. Lux tidak mengukur seberapa banyak cahaya yang dipancarkan, tetapi mengukur seberapa banyak cahaya yang dipancarkan mengenai permukaan. (Bodenhaupt and Lindemuth, 2015).

2.4.1 Flux Cahaya (Lumen)

Flux cahaya diukur dalam satuan lumen dan dilambangkan Φ . Lumen adalah unit pengukuran standar internasional untuk Flux Cahaya dari sumber cahaya. Lumen menunjukkan berapa banyak cahaya yang dipancarkan oleh sumber radiasi

ke segala arah sehingga dapat terukur total output cahaya. Maka output dari Lumen dapat memberikan informasi tentang kecerahan. Output dari Lumen yang berbeda-beda dapat dibandingkan berdasarkan Watt namun, lampu yang berbeda menghasilkan jumlah cahaya yang juga berbeda. Membandingkan kecerahan lampu tidak dapat hanya membandingkan Watt lampu tetapi dengan Flux Cahaya.

2.4.2 Intensitas Cahaya



Gambar 2.3 Intensitas Cahaya.

(Bodenhaupt & Lindemuth, 2015)

Intensitas cahaya adalah nilai fotometrik yang menjelaskan radiasi dari cahaya yang dipancarkan pada suatu arah tertentu. Sifat radiasi dari Intensitas Cahaya tidak hanya ditentukan dari sumber cahaya tetapi juga desain dari rumah lampu intensitas cahaya berhubungan dengan Flux Cahaya dan sudut pancaran sumber cahaya. Maka Intensitas cahaya menjelaskan konsentrasi dari sebuah cahaya atau kerapatan dari cahaya yang dipancarkan. Satuan internasional dari Intensitas Cahaya yaitu (cd). Intensitas Cahaya dipengaruhi oleh sudut pancaran, semakin besar sudut pancaran maka semakin kecil Intensitas Cahaya, semakin kecil sudut pancaran maka semakin besar Intensitas Cahaya (Yolnasdi, 2017).

Intensitas Cahaya dapat dirumuskan dengan persamaan (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), dan (2.6).

$$i = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2.1)$$

Atau

$$\Phi = i \times \omega \quad (2.2)$$

$$i = \frac{\Phi}{\omega}, \omega = 4\pi \quad (2.3)$$

Dimana

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad (2.4)$$

$$\Phi = K \times P \quad (2.5)$$

Sehingga:

$$i = \frac{K \cdot P}{\omega} \quad (2.6)$$

Keterangan:

i = Intensitas Cahaya dalam satuan (cd)

Φ = Flux Cahaya dalam satuan (lm)

Ω = Sudut ruang dalam satuan (steradian)

K = Efikasi Cahaya lampu

2.4.3 Efikasi Cahaya

Efikasi Cahaya adalah ukuran yang mengindikasikan seberapa efisien suatu sumber cahaya. Efikasi Cahaya merupakan suatu rasio perbandingan antara lumen dengan Watt. Maka Efikasi Cahaya memiliki satuan internasional (lm/W) semakin besar nilai nya maka akan semakin efisien suatu sumber lampu. Sebagai contoh lampu halogen memiliki efikasi cahaya antara 13-23 lm/W sedangkan lampu pijar memiliki Efikasi Cahaya antara 6-19 lm/W maka lampu halogen lebih efisien

daripada lampu pijar (Yolnasdi, 2017). Rumus efikasi cahaya seperti pada persamaan (2.7).

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad (2.7)$$

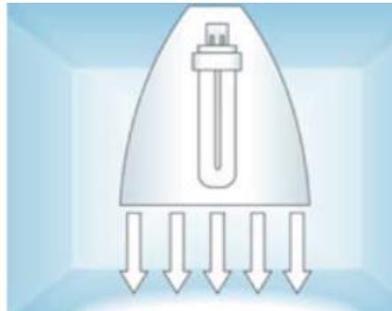
Keterangan:

K = Efikasi cahaya dalam satuan (lm/W)

Φ = Flux Cahaya dalam satuan Lumen (lm)

P = Daya listrik dalam satuan watt (W)

2.4.4 Iluminasi



Gambar 2.4 Iluminasi

(Bodenhaupt & Lindemuth, 2015)

Iluminasi adalah ukuran kecerahan yang menerangi suatu permukaan. Iluminasi memiliki satuan Lux untuk menentukan berapa banyak flux cahaya dari suatu sumber cahaya yang menerangi suatu permukaan. Lux memiliki nilai yang hanya Diterima oleh suatu permukaan. Iluminasi bernilai 1 lux jika 1 lumen menerangi suatu permukaan secara merata pada suatu area berukuran 1 m². Semakin jauh area dari sumber cahaya semakin rendah Iluminasi (Yolnasdi, 2017). Nilai Lux tertentu dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu area tersebut cukup terang. Iluminasi dirumuskan dengan persamaan (2.8):

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.8)$$

Keterangan:

E = Iluminasi dalam satuan lux (lm/m^2)

Φ = Flux Cahaya dalam satuan (lumen)

A = Luas area permukaan dalam satuan m^2

Iluminasi pada titik P, dirumuskan seperti pada persamaan (2.9):

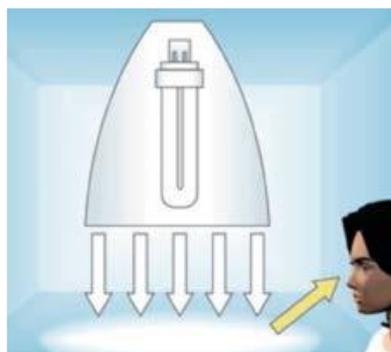
$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta \quad (2.9)$$

Dimana:

r = jarak dari lampu ke ujung jalan.

2.4.5 Luminasi

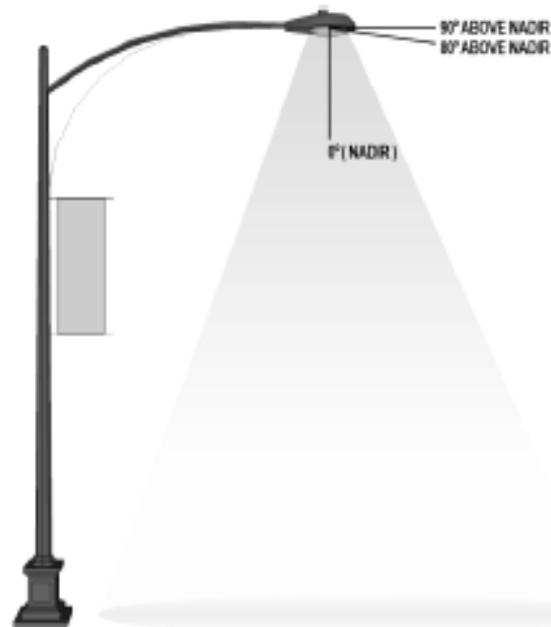
Luminasi L memiliki satuan dalam candela per meter persegi [cd/m^2] menjelaskan kecerahan dari permukaan yang diterangi. Luminasi adalah satu-satunya satuan fotometri yang dilihat sebagai tingkat kecerahan yang berbeda pada permukaan. Luminasi sering digunakan untuk mengkarakterisasi emisi atau refleksi dari permukaan yang rata dan tersebar. Tingkat luminasi mengindikasikan seberapa banyak kuat luminasi dapat dideteksi oleh mata manusia ketika melihat permukaan tertentu dari sudut pandang tertentu.



Gambar 2.5 Luminasi

(Bodenhaupt & Lindemuth, 2015)

2.5 Jenis Penyebaran Cahaya (*Cutoff rating*)



Gambar 2.6 Sudut Horizontal Titik Nol

(SUDAS Corporation, 2013)

Ketidaknyamanan silau seringkali disebabkan dari emisi cahaya kepada mata pengemudi. Hal ini disebabkan karena sudut cahaya yang tinggi (sudut antara daerah 80° hingga 90° di atas nadir) yang dipancarkan oleh PJU. Jumlah cahaya yang dipancarkan oleh PJU yang melebihi 90° dari titik terendah (bidang horizontal pada PJU) juga menjadi perhatian karena hal tersebut hanya menerangi langit bukan permukaan jalan. Untuk tujuan desain, maka PJU diklasifikasikan berdasarkan efek silau cahaya sebagai berikut:

2.5.1 Full Cutoff

Distribusi cahaya PJU diklasifikasikan sebagai *Full Cutoff* ketika intensitas cahaya (candela) adalah 0° dan candela per 1000 lumen tidak melebihi 100 (10%)

pada atau diatas sudut vertikal dari 80° diatas titik terendah. Hal tersebut berlaku pada seluruh bagian sisi dari PJU (SUDAS Corporation, 2013)

2.5.2 Cutoff

Cutoff terjadi Ketika intensitas cahaya (candela) per 1000 lumen tidak melebihi 25(2.5%) pada atau sama dengan 90° dari titik terendah, dan tidak melebihi 100 (10%) diatas sudut vertikal dari 80° diatas titik terendah. (SUDAS Corporation, 2013)

2.5.3 Semi cutoff

Semi cutoff terjadi Ketika intensitas cahaya per 1000 lumen tidak melebihi 50 (5%) pada atau diatas 90° dari titik terendah , dan tidak melebihi 200 (20%) pada atau di atas sudut vertikal dari 80° diatas titik terendah. (SUDAS Corporation, 2013)

2.5.4 Non cutoff

Non cutoff terjadi Ketika distribusi cahaya dimana tidak ada Batasan candela pada suatu wilayah di atas maksimum candela. (SUDAS Corporation, 2013)

2.6 Penerangan Jalan Umum

Penerangan jalan umum adalah sumber cahaya yang digantung pada tiang baik ditengah jalan maupun dipinggir jalan yang memberikan pencahayaan pada persimpangan dan lingkungan di sekitar jalan yang berguna untuk membuat kenyamanan, keamanan dan kecerahan bagi pengguna jalan. Penerangan jalan umum dipasang dengan harapan mengurangi angka kecelakaan. Manfaat tambahan dari PJU membantu visibilitas pengemudi dari silau cahaya yang datang dari arah berlawanan yang menyebabkan penurunan kapasitas penglihatan suatu objek.

Lampu penerangan jalan umum merupakan prasarana jalan yang terdiri dari rumah lampu, lampu, tiang lampu, pondasi lampu, dan elemen elektrik.

Pencahayaan dapat meningkatkan penglihatan pada lingkungan di malam hari, tetapi harus membatasi cahaya yang sangat ke atas dari lumener, yang dapat membentuk aurora yang cerah. Hal ini merupakan polusi cahaya, bukan hanya tidak enak dilihat tetapi juga menutupi pandangan ke atas langit dan cahaya yang dipancarkan ke atas pada malam hari termasuk pemborosan energi dan menambah jejak karbon.

Permasalahan pencahayaan yang telah disebutkan diatas berawal dari desain PJU, desain yang kurang baik menghasilkan sistem PJU yang kurang efisien, sebaliknya desain yang baik akan menghasilkan PJU yang efisien.

2.7 Aspek Perencanaan Penerangan Jalan

Sistem penerangan jalan harus mengakomodasi kebutuhan visual lalu lintas pada malam hari baik untuk pengguna kendaraan maupun pejalan kaki. Kebutuhan pencahayaan pada jalan dapat terpenuhi apabila memenuhi kebutuhan desain iluminasi yang direkomendasikan dengan menyesuaikan karakteristik pantulan pada permukaan jalan yang berbeda. Berikut hal yang perlu diperhatikan ketika mendesain lampu penerangan jalan:

2.7.1 Kualitas Pencahayaan

pencahayaan berhubungan dengan kemampuan sistem pencahayaan untuk membedakan kontras suatu objek sehingga seseorang mampu melihat dengan akurat kepada suatu objek. Kualitas pencahayaan jalan yang penting untuk dipertimbangkan adalah sudut cahaya, bayangan, silau langsung, silau pantulan, pemerataan, polusi cahaya, dan iluminasi vertikal.

2.7.2 Kemerataan Pencahayaan

Kemerataan pencahayaan biasanya dinyatakan dalam salah satu dari tiga cara: rata-rata-ke-minimum, minimum-ke-maksimum, atau maksimum-ke rata-rata. Dalam penerangan jalan raya, rasio rata-rata-ke-minimum dan maksimum-ke-minimum biasanya digunakan. Metode titik rata-rata ke minimum menggunakan pencahayaan rata-rata dari area desain jalan raya antara dua lumener yang berdekatan, dibagi dengan nilai terendah pada setiap titik di area tersebut. Metode titik maksimum ke minimum menggunakan nilai maksimum dan minimum antara lumener berdekatan yang sama.

2.8 Fungsi Penerangan Jalan Umum

Menurut SNI 7391:2008 fungsi penerangan jalan umum antara lain:

1. Menghasilkan kekontrasan antara objek dan permukaan jalan;
2. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan;
3. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan pada malam hari
4. Mendukung keamanan lingkungan.
5. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

2.9 Karakteristik lampu Penerangan Jalan Umum

Tabel 2.1 Karakteristik lampu PJU

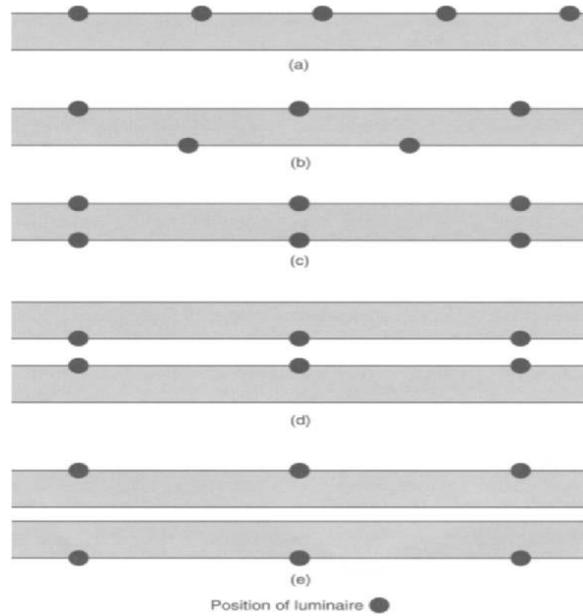
Jenis lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna objek	Keterangan
Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	60-70	8.000 – 10.000	18-20; 36-40	Sedang	1. Untuk jalan kolektor dan lokal 2. Efisiensi cukup tinggi tapi berumur pendek 3. Jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk

Jenis lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna objek	Keterangan
					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 dan persimpangan 2. Efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil 3. Jenis lampu ini masih digunakan secara terbatas
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100-200	8.000-10.000	90; 180	Sangat buruk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyebrangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>) 2. Efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar, sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning 3. Lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.
Lampu gas sodium bertekanan tinggi (SON)	110	12.000-20.000	150; 250; 400	Buruk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas, dan interchange 2. Efisiensi tinggi umur sangat panjang, ukuran lampu kecil

Jenis lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh thd warna objek	Keterangan
					sehingga mudah pengontrolan cahayanya 3. Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.
Lampu Light Emitting Diode (LED)	29-155	30.000-50.000	15-300	Baik	1. Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, terowongan, tempat peristirahatan (rest area) 2. Efisiensi tinggi, umur paling panjang, ukuran lampu besar 3. Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.

2.10 Jenis Susunan Lampu Penerangan Jalan Umum

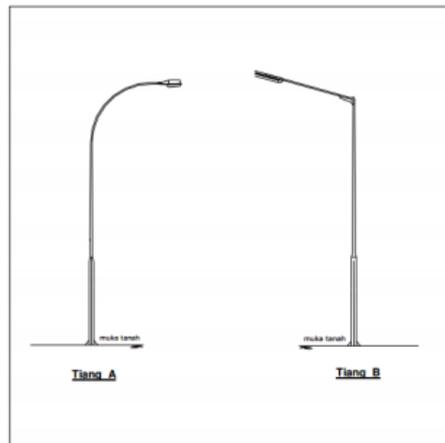
Terdapat beberapa jenis PJU yang dibedakan berdasarkan jumlah jalur, letak lampu, distribusi cahayanya, lebar jalur lalu lintas, kemudahan untuk pemeliharaan dan factor ekonomi. Jenis lampu yang dapat digunakan seperti pada Gambar 2.7:



Gambar 2.7 Jenis Lampu Penerangan Jalan.
(Simons R.H. & Bean A.R., 2001)

(a) Susunan *Single Side*; (b) Susunan *Staggered*; (c) Susunan *Opposite*; (d) Susunan *Twin Central*; (e) Susunan *Opposite* pada jalur lalu lintas ganda.

a. Tiang lampu dengan lengan tunggal (*single side*)

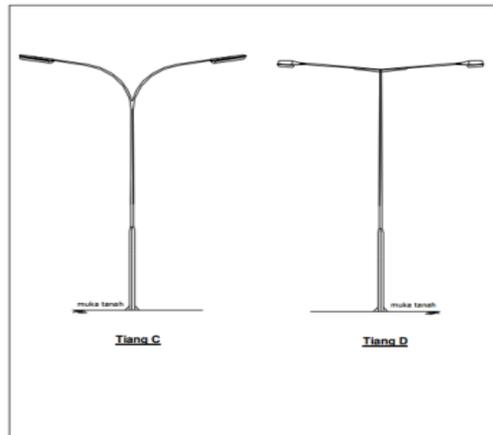


Gambar 2.8 Tiang dengan Lengan Tunggal

(Badan Standardisasi Nasional, 2008)

Tiang lampu dengan lengan tunggal umumnya diletakkan pada sisi kiri atau kanan jalan. Tipikal bentuk dan struktur tiang lampu dengan lengan tunggal seperti diilustrasikan pada Gambar 2.8.

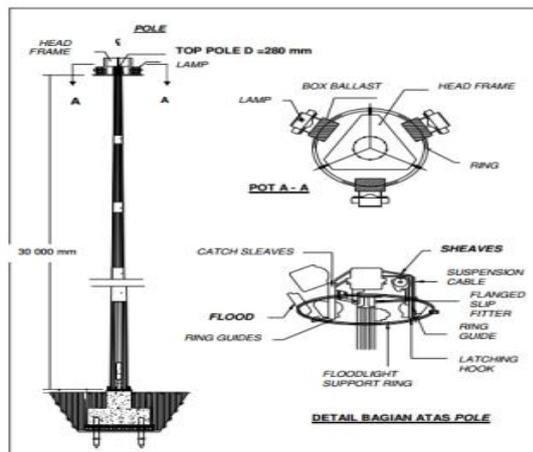
b. Tiang lampu dengan lengan ganda (*Twin Central*)



Gambar 2.9 Tiang dengan Lengan Ganda
(Badan Standardisasi Nasional, 2008)

Tiang lampu dengan lengan ganda ini 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 2.9.

c. Tiang lampu tegak tanpa lengan (*Twin central*)

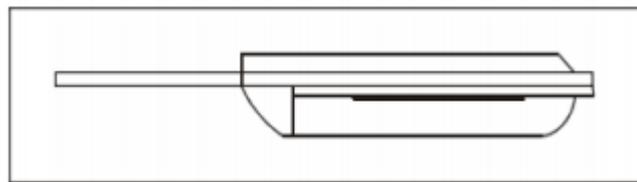


Gambar 2.10 Tiang Lampu tegak Tanpa Lengan

(Badan Standardisasi Nasional, 2008)

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* seperti Gambar 2.10.

2.11 Bentuk dan Struktur Rumah Lampu Penerangan Jalan



Gambar 2.11 Luminer Lampu LED

(Badan Standardisasi Nasional, 2008)

Bentuk dan struktur lampu penerangan jalan seperti pada Gambar 2.11.

2.12 Kualitas Pencahayaan pada Ruas Jalan

Menentukan kualitas penerangan jalan yang sesuai dengan standar Peraturan Menteri Perhubungan PM 27 Tahun 2018 dilakukan dengan metode Iluminasi karena dapat langsung diukur di permukaan jalan dengan menggunakan luxmeter serta mempertimbangkan klasifikasi jalan dan konflik, nilai Iluminasi dan Rasio Kemerataan.

2.12.1 Tabel Iluminasi Terhadap Jenis jalan dan Pejalan Kaki

Klasifikasi Jalan dan Konflik		Nilai Iluminansi (E) berdasarkan Klasifikasi Permukaan Jalan (perawatan minimum rata-rata)			Rasio Kemerataan
Jalan	Konflik Pejalan Kaki	*) R1	R2 dan R3	R4	E_{avg} / E_{min}
		Lux	Lux	Lux	
Jalan Bebas Hambatan	Tanpa Konflik	6	9	8	3
Arteri	Tinggi	12	17	15	3
	Sedang	9	13	11	3
	Rendah	6	9	8	3
Kolektor	Tinggi	8	12	10	4
	Sedang	6	9	8	4
	Rendah	4	6	5	4
Lokal	Tinggi	6	9	8	6
	Sedang	5	7	6	6
	Rendah	3	4	4	6
Lingkungan	Tinggi	4	6	5	6
	Sedang	3	4	4	6
	Rendah	2	3	3	6

Gambar 2.12 Kualitas Pencahayaan
(PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA NO PM
27, 2018)

Keterangan:

R1 : Permukaan semen atau concrete

R2 : Permukaan aspal dengan komposisi 60% kerikil, Ukuran kerikil minimal 10 mm dan permukaan aspal dengan 10% s/d 15% campuran agregat untuk pengkilap (pewarna buatan).

R3 : Permukaan aspal agregat kasar berwarna gelap dan permukaan kasar setelah beberapa bulan pemakaian.

R4 : Permukaan aspal yang sangat halus

E_{avg} : Kuat pencahayaan rata-rata

E_{min} : Kuat pencahayaan minimum

Penjelasan klasifikasi konflik pejalan kaki terdapat pada Tabel 2.2:

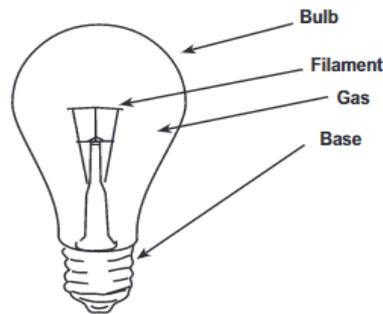
Tabel 2.2 Penjelasan Konflik Pejalan Kaki

Klasifikasi tingkat konflik area pejalan kaki	Definisi
tinggi	Area dengan jumlah pejalan kaki yang signifikan dengan pusat kegiatan di trotoar dan area penyebrangan jalan dengan tingkat pencahayaan sekitar yang minim. Jumlah pejalan kaki lebih dari 100 (seratus) dalam 1(satu) jam, dihitung pada saat kondisi pertama gelap (18.00-19.00). Perhitungan dilakukan pada kedua sisi trotoar (bukan tipikal lokasi persimpangan)
sedang	Area dengan jumlah pejalan kaki lebih sedikit pada malam hari seperti area perkantoran. Jumlah pejalan kaki 11(sebelas sampai dengan 100 (seratus))
rendah	Area dengan jumlah pejalan kaki sangat rendah dengan jumlah kurang dari 10 (sepuluh) pejalan kaki per jam pada saat kondisi pertama gelap

2.13 Jenis-Jenis Lampu Penerangan Jalan Umum

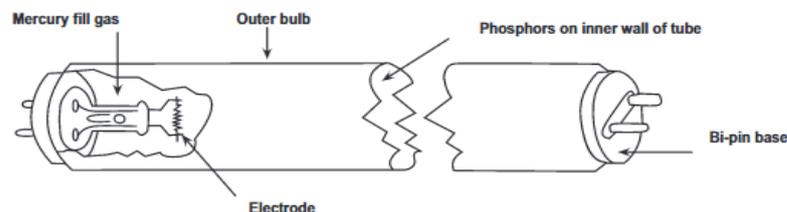
Sejak berkembangnya penerangan jalan, telah banyak jenis sumber penerangan listrik yang digunakan untuk menerangi jalan-jalan umum, yang pertama adalah lampu pijar/incandescent. Jenis lampu lain berkembang dari waktu ke waktu yaitu lampu berpendar/fluorescent, dan *High Intensity Discharge* (HID) jenis seperti uap merkuri, *Metal Halide* (MH), sodium tekanan rendah (SOX), dan sodium tekanan tinggi (SON). Baru-baru ini *Light Emitting Diode* (LED) telah menjadi pilihan yang layak karena efisiensinya untuk menciptakan dan menerapkan cahaya di jalan (laoram, 1990). Berikut adalah penjelasan dari jenis-jenis lampu PJU:

a. Lampu Incandescent



Gambar 2.13 Incandescent Lamp
(lauram, 1990)

Teknologi lampu pijar menggunakan arus listrik untuk memanaskan filamen tungsten yang digulung menjadi pijar. Amplop kaca berisi campuran nitrogen dan sejumlah kecil gas inert lainnya seperti argon. Beberapa lampu pijar, seperti beberapa lampu senter, juga mengandung xenon. Beberapa lampu pijar ini disebut lampu xenon, tetapi tidak sama dengan lampu xenon tekanan tinggi, Lampu pijar telah berkembang jauh sejak lampu filamen karbon pertama Thomas Edison, yang ketika diperkenalkan pada tahun 1879, memiliki masa pakai sekitar 40 jam. Saat ini, lampu pijar yang tersedia secara umum memiliki masa pakai rata-rata antara 750 dan 2000 jam

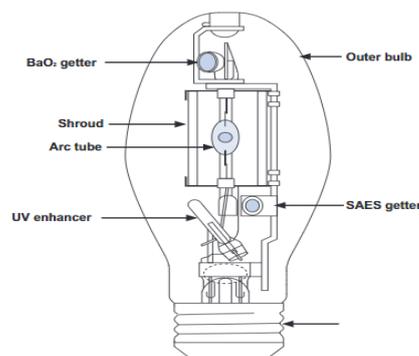
b. Lampu *Fluorescent*

Gambar 2.14 *Fluorescent* Lamp
(lauram, 1990)

Lampu Fluorescent seperti pada Gambar 2.14 adalah sumber pelepasan gas yang mengandung uap merkuri pada tekanan rendah, dengan jumlah kecil gas inert

untuk memulai. Setelah busur terbentuk, uap merkuri memancarkan radiasi ultraviolet. Bubuk *fluoresen* (fosfor) yang melapisi dinding bagian dalam bohlam kaca merespons radiasi ultraviolet ini dengan memancarkan panjang gelombang di wilayah spektrum yang terlihat. Ballast, yang dibutuhkan oleh lampu fluorescent dan lampu HID, menyediakan kondisi sirkuit yang diperlukan (tegangan, arus, dan bentuk gelombang) untuk memulai dan mengoperasikan lampu. Dua jenis ballast umum tersedia untuk lampu fluorescent: magnetik dan elektronik. Ballast elektronik seringkali lebih mahal, tetapi biasanya lebih ringan, lebih tenang, dan menghilangkan kedipan lampu yang terkait dengan ballast magnetik. Lampu fluorescent sering digambarkan dalam hal diameter lampu tabung. Untuk penunjukan ini, diameter diberikan dalam seperdelapan inci. Misalnya, lampu T8 berdiameter satu inci (delapan perdelapan), sedangkan lampu T5 berdiameter 5/8 inci.

c. Lampu Metal Halide



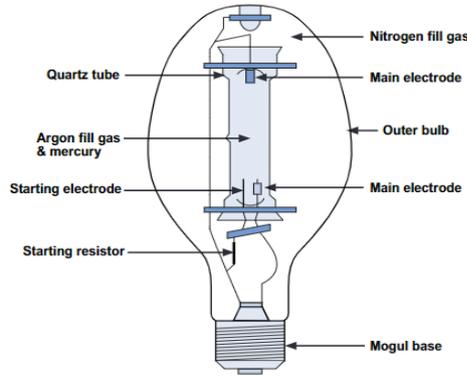
Gambar 2.15 Lampu Metal Halide

(lauram, 1990)

Lampu halida logam seperti pada Gambar 2.15 adalah lampu uap merkuri dengan senyawa logam lain (dikenal sebagai ashalida) yang ditambahkan ke tabung

busur untuk meningkatkan warna dan efikasi cahaya. memiliki konstruksi tipikal ujung tunggal,

d. Lampu Merkuri

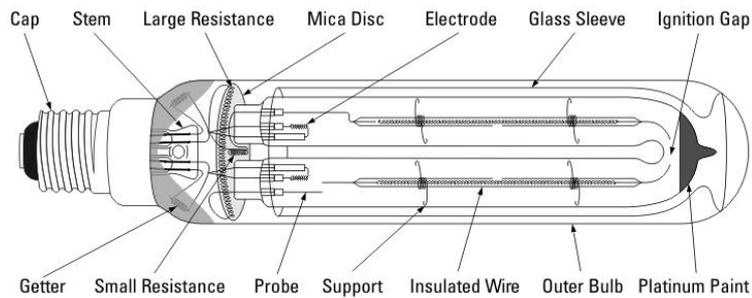


Gambar 2.16 Lampu Merkuri

(lauram, 1990)

Dalam lampu uap merkuri bertekanan tinggi, cahaya dihasilkan oleh pelepasan listrik melalui gas merkuri. Merkuri, biasanya bersama dengan gas argon, terkandung dalam tabung busur kuarsa, yang dikelilingi oleh bola luar kaca borosilikat. menunjukkan konstruksi lampu uap merkuri bertekanan tinggi yang khas. Xenon juga dapat digunakan dalam tekanan lampu uap merkuri untuk membantu waktu mulai, dan tidak secara signifikan mengubah spektrum lampu yang terlihat.

e. Lampu SOX

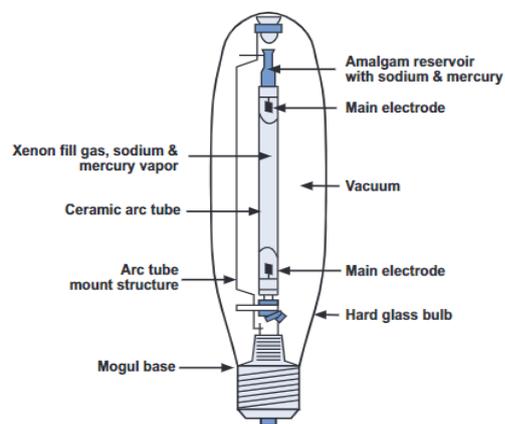


Gambar 2.17 Lampu SOX

(lauram, 1990)

Lampu uap natrium (SOX) bertekanan rendah berisi tabung pelepasan bagian dalam yang terbuat dari kaca borosilikat yang dilengkapi dengan elektroda logam dan diisi dengan gas neon dan argon serta sedikit natrium logam. Ketika arus melewati antara elektroda, itu mengionisasi neon dan argon, memberikan cahaya merah sampai gas panas menguapkan natrium. Natrium yang diuapkan terionisasi dan memancarkan warna kuning spectrum monokrom.

f. Lampu SON



Gambar 2.18 Lampu SON

(lauram, 1990)

Cahaya dihasilkan dalam lampu sodium tekanan tinggi (HPS) dengan pelepasan listrik melalui gabungan uap merkuri dan natrium, dengan radiasi natrium mendominasi emisi spektral. Bohlam luar kaca keras mungkin bening, atau permukaan dalamnya dapat dilapisi dengan bubuk difus untuk mengurangi kecerahan tabung busur. Gambar 2.16 menunjukkan konstruksi lampu SON tekanan tinggi ujung tunggal yang khas.

g. Lampu LED

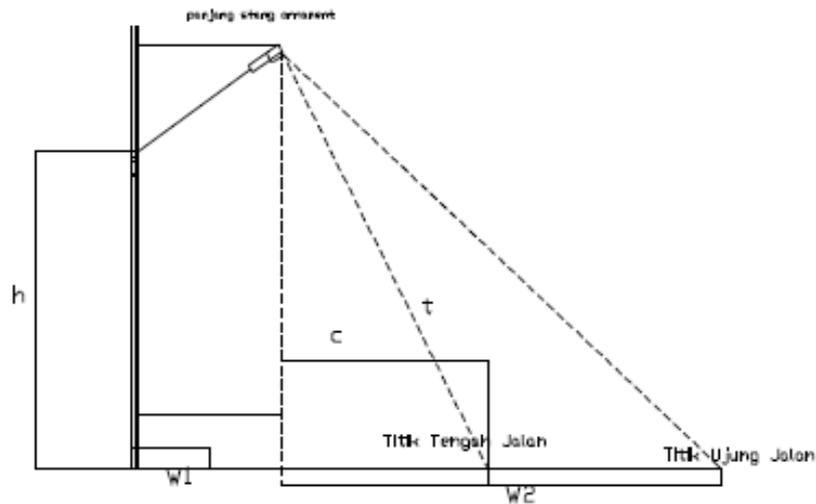


Gambar 2.19 Lampu LED

(lauram, 1990)

Lampu LED adalah lampu listrik yang menghasilkan cahaya dengan cara arus listrik melalui material semikonduktor yaitu diode yang kemudian memancarkan foton. Suatu elektron berpindah dari *junction* positif ke negatif. Elektron yang kurang terisi oleh elektron penuh. Lampu LED tidak menggunakan filamen sebagai konduktor listrik maka LED tidak membutuhkan panas untuk memancarkan cahaya. Lampu LED secara signifikan lebih hemat daripada lampu pijar dan jauh lebih efisien daripada kebanyakan lampu neon. Lampu LED memiliki masa pakai lebih lama daripada lampu pijar dan energi yang digunakan LED paling rendah dibandingkan dengan lampu lain. Menghidupkan dan mematikan secara sering tidak mengurangi umur suatu LED. Lampu ini tidak mengandung merkuri seperti lampu lampu neon sehingga umur lampu mampu mencapai puluhan ribu jam dan tahan lama. Lampu LED mampu diatur kecerahannya menggunakan dimmer. Lampu led memiliki warna temperatur yang berbeda biasanya lampu ini memiliki warna putih gelap atau kuning gelap tergantung seberapa besar satuan kelvin dari lampu tersebut. Kelvin rendah akan berwarna kuning semakin besar kelvin akan semakin putih lampu LED.

2.14 Menentukan Jarak Lampu Terhadap Titik Pengukuran.



Gambar 2.20 Sudut Penyinaran PJU Single Arm
(Effendi Asnal & Suryana Asep, 2013)

Sudut kemiringan stang ornamen menentukan kualitas pencahayaan jalan dimana stang ornament harus ditentukan supaya titik penerangan lampu berada di tengah-tengah. Berikut rumus menentukan kemiringan stang ornamen seperti pada persamaan (2.10):

$$r = \sqrt{h^2 + c^2} \quad (2.10)$$

Dimana:

h = Tinggi tiang

r = Jarak lampu ke tengah jalan

c = Jarak horizontal lampu dengan tengah jalan

W1 = Tiang ke ujung lampu

W2 = Jarak horizontal lampu ke ujung jalan

2.15 Tinggi Tiang

Ketinggian Tiang memiliki batas ketinggian yang ditentukan berdasarkan jenis jalan dan fungsi jalan sebagai berikut:

- a. jalan bebas hambatan, ketinggian Tiang paling rendah 13.000 (tiga belas ribu) millimeter
- b. jalan arteri, ketinggian tiang paling rendah 9.000 (sembilan ribu) millimeter;
- c. jalan kolektor, ketinggian tiang paling rendah 7.000 (tujuh ribu) millimeter

2.16 Menentukan Jarak Tiang Ke Pinggir Jalan

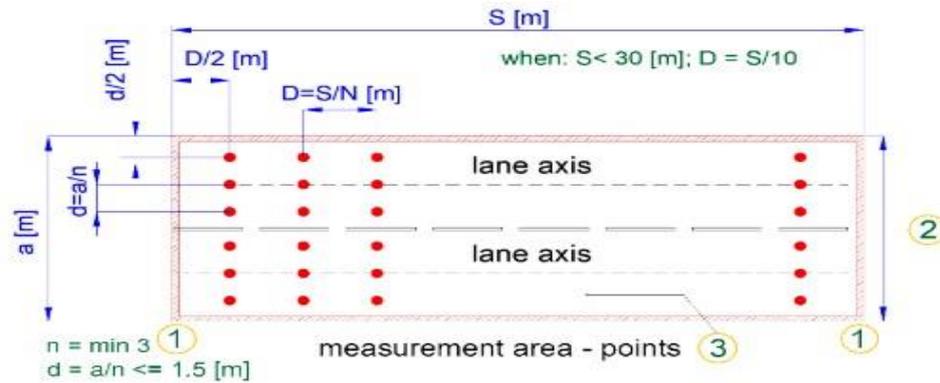
Penempatan dan pemasangan Alat Penerangan Jalan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 99 pada pemisah jalur dan/atau lajur ruang lalu lintas jalan paling sedikit berjarak 300 (tiga ratus) millimeter diukur dari bagian terluar bangunan konstruksi Alat Penerangan Jalan tepi paling luar jalur dan/atau lajur ruang lalu lintas atau *kerb*. (*MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA*, n.d.)

2.17 DIALux Evo 11.1

DIALux Evo adalah simulasi digital tata cahaya, baik alami maupun buatan, diperlukan untuk memperkirakan kualitas tata cahaya sebelum diterapkan pada keadaan nyata. Simulasi digital tata cahaya membantu *Lighting designer* untuk memperoleh hasil maksimal dari ide mereka sebelum diterapkan pada keadaan nyata (Satwiko .P, 2011). *DIALux*, juga sebagai parameter untuk pemodelan dan perhitungan Teknik Iluminasi, yang bertujuan untuk memperoleh hasil teknis ukur dari cahaya, yang dapat menciptakan lingkungan 3D dan dapat menghitung dan menggambarkan lingkungan.

2.18 Menentukan Jumlah Titik dan Jarak Titik

Jumlah titik dan Jarak titik ditentukan berdasarkan Panjang jalan dan luas jalan. Jumlah titik pengukuran dapat bervariasi dari jumlah puluhan hingga ratusan dan tergantung pada sistem penerangan yang ada. Jumlah dan jarak titik pengukuran dibuat menggunakan hubungan yang dijelaskan dalam rumus.



Gambar 2.21 Pengukuran Pada Permukaan Yang Diperiksa

(Tomczuk et al., 2021)

Pada Gambar 2.21, angka nomor adalah 1 lampu, nomor 2 adalah lebar jalan dan nomor 3 adalah permukaan jalan.

Penentuan titik pengukuran pada permukaan harus dibagi secara merata di seluruh bidang perhitungan dan jumlahnya ditentukan dengan rumus (2. 11).

Titik pengukuran iluminasi harus didistribusikan secara merata ke seluruh bidang perhitungan dan jumlahnya harus ditentukan sebagai berikut :

(a) jarak membujur

$$D = \frac{S}{N} \quad (2. 11)$$

D = jarak antar titik dalam arah memanjang [m]

S = jarak antar lampu [m]

N = jumlah titik desain dalam arah memanjang:

Untuk $S \leq 30$ m, $N = 10$;

Untuk $S \geq 30$ m, bilangan bulat menghasilkan $D \leq 3$ m

(b) jarak melintang

$$d = \frac{W_r}{n} \quad (2.12)$$

Dimana:

d = jarak antara titik arah melintang

W_r = lebar jalan

n = jumlah titik pada arah melintang dan setara dengan 3 atau lebih dan bilangan bulat $d \leq 1.5$ m

Kotak titik pengukuran pencahayaan kemudian diukur menggunakan luxmeter. Pengukuran terdiri dari pencatatan iluminasi nilai untuk setiap titik pengukuran. Pengukuran ini dilakukan pada masing-masing dari titik-titik yang sebelumnya ditandai pada jalan raya. Pengukuran harus dilakukan ketika lalu lintas pada ruas jalan yang disurvei dalam keadaan sepi.

2.19 Penelitian Terkait

Berdasarkan studi terkait dengan pencahayaan jalan umum yang telah dilakukan, beberapa penelitian yang berkaitan dapat dilihat pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Penelitian Terkait

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1	Rancang Penerangan Jalan Universitas Riau Menggunakan <i>Software DIALux Evo</i>	Liska Diana, Feranita, Edy Ervianto	Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, 2021	Penelitian ini membahas mengenai menentukan jumlah tiang dan lampu yang sesuai dengan standar SNI 7391:2008. Jarak antar tiang 10-17 meter dan menggunakan LED 13,4 Watt
2	Evaluasi Tingkat Penerangan Jalan Umum (PJU) di	Novita Shamin Nini Klay Demak	Sekolah Tinggi Bina Taruna	Penelitian ini membahas intensitas cahaya dan mengevaluasi

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
	Kota Gorontalo (Studi Kasus: Ruas Jalan Prof. Dr. Jhon Katilli)		Gorontalo. 2019	kebutuhan penerangan, menggunakan 6 titik pengukuran dengan kelas jalan arteri primer. Lampu yang digunakan SON-T 250 watt
3	Analisis Pencahayaan Penerangan Jalan Umum di Jalan Tol Kabupaten Pangandaran dan Peluang Hemat Energi	Rudini, Edvin Priatna, Ifkar Usrah	Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, 2021	Penelitian ini membahas pencahayaan jalan tol pangandaran menggunakan metode sembilan titik. Lampu jalan yang digunakan berjenis SON-T 150 watt
4	Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008	Mustaqim, Muhammad Haddin	Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung	Penelitian ini membahas PJU menggunakan lampu SON-T 250 watt dengan tinggi tiang 12 meter dengan radius titik ukur 0,4,8,17.5 m dan menguji dengan <i>software</i> calculux.
5	Analisis Tingkat Pencahayaan Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Ir. Sutami Gerbang Belakang UNS	Ainun Rahmansyah, Alexander Devo, Miftah Al Mukaromah	Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, 2022	Penelitian ini membahas satu lampu diukur dengan empat titik pengukuran permukaan. jumlah tiang tujuh buah dengan jenis lampu SON 150 watt

Berdasarkan Tabel 2.3, studi penelitian terkait mengenai lampu penerangan jalan umum. Pendekatan yang membedakan antara penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian ini adalah jumlah titik pengukurannya yang jumlahnya ada 156 titik dengan jumlah tiga tiang, jarak tiang satu ke tiang dua 36,7 m dan tiang dua ke tiang tiga 39,8 m dimana semakin banyak titik ukur semakin besar akurasi pengukuran kuat pencahayaan, dimana jumlah titik tersebut sama dengan yang ada

di DIALux sehingga jumlah titik pengukuran sama dengan jumlah titik optimasi. Selain itu, jenis lampu LED yang digunakan di Jalan Raya Bogor yaitu berjenis LED 120 Watt, serta menghitung rata rata Iluminasi dan Kemeratanaan terhadap luas area permukaan.