

BAB II

KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kajian Teoretik

2.1.1. Daya Listrik

Daya listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai *Watt*-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini:

$$W = P \times t$$

Dimana:

W = Usaha (Joule)

t = Waktu (detik)

$P = \text{Daya Listrik (Watt)}$

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf “P” yang merupakan singkatan dari *Power*. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah *Watt* yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik ($\text{Watt} = \text{Joule} / \text{detik}$). Satuan turunan Watt yang sering dijumpai diantaranya adalah seperti 1 mili Watt = 0,001 Watt, kiloWatt = 1.000 Watt, 1 MegaWatt = 1.000.000 Watt, dst.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut:

| | | |
|------------------|-------------|---------------|
| $P = V \times I$ | $P = I^2 R$ | $P = V^2 / R$ |
|------------------|-------------|---------------|

Dimana:

$P = \text{Daya Listrik dengan satuan Watt (W)}$

$V = \text{Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)}$

$I = \text{Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)}$

$R = \text{Hambatan dengan satuan Ohm } (\Omega)$

Selain watt, dalam daya listrik terdapat istilah tentang kWh. kWh (*kilo watt hour*) merupakan pemakaian energi suatu beban dengan mengalikan antara daya dengan waktu pemakaian. Satuan waktu pemakaian dalam kWh adalah jam atau *hour* lalu dikalikan dengan harga listrik PLN yang berlaku saat ini. Perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan biaya listrik konsumen setiap bulannya (30 hari). Perhitungan listrik kWh sebagai berikut:

$$\text{Biaya Listrik} = P / 1000 \times T \times 30 \text{ hari} \times \text{harga listrik}$$

Dimana :

P = Daya (watt)

T = Waktu (jam)

1 kWh = $3,6 \times 10^6$ Joule

*harga listrik /kWh yang berlaku di PLN saat ini

2.1.2. Lampu

Lampu sudah digunakan saat zaman ditemukannya lampu oleh Thomas Alva Edison. Lampu sudah menjadi alat yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Tanpa adanya lampu, dunia tidak bisa seterang seperti saat ini. Lampu digunakan pada saat gelap yaitu terbenamnya matahari hingga terbitnya fajar. Dalam membandingkan sebuah sumber cahaya terhadap sumber cahaya yang lain, hal yang menjadi perhatian pada umumnya adalah kualitas dari reproduksi warna lampu serta efisiensi lampu dalam mengkonversi energi listrik menjadi iluminasi.⁴

Karakteristik lampu ini umumnya diungkapkan dalam istilah :

1. Efikasi lampu

Efikasi diukur dalam besaran lumen/watt dimana semakin besar efikasi maka semakin baik unjuk kerja lampu tersebut dalam mengkonversi energi listrik menjadi energi cahaya. Sebagai contoh, lampu GLS (*general lighting service*) yang dikenal sebagai lampu pijar memiliki efikasi 14 lumen/watt. Lampu tersebut menandakan bahwa setiap 1 watt

⁴ Trevor Linsey, *Intalasi Listrik Tingkat Lanjut* (Jakarta: Erlangga, 2004), h. 174

energi yang diserap akan menghasilkan unjuk kerja sebanyak 14 lumen (fluks cahaya).

2. Kualitas pengembalian warna

Berbagai jenis material dan permukaan memiliki warna tertentu karena fluks luminasi dengan frekuensi yang berkorespondensi dengan warna tersebut dipantulkan dari permukaan ke mata kita dan kemudian diproses di dalam otak. Cahaya berwarna putih terbentuk dari gabungan frekuensi warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Warna hanya dapat terlihat jika suatu lampu mengemisikan cahaya pada frekuensi tertentu dan warna yang tampak pada siang hari merupakan kualitas pengembalian warna sumber cahaya.

2.1.2.1. Lampu Led

Lampu led hemat energi ini merupakan sebuah terobosan baru yang pemakaian dayanya jauh lebih hemat dibanding lampu pijar biasa, bahkan dibanding lampu tabung sekalipun. Menggunakan LED walaupun dengan daya yang kecil tetapi mampu menghasilkan intensitas cahaya yang sangat terang.

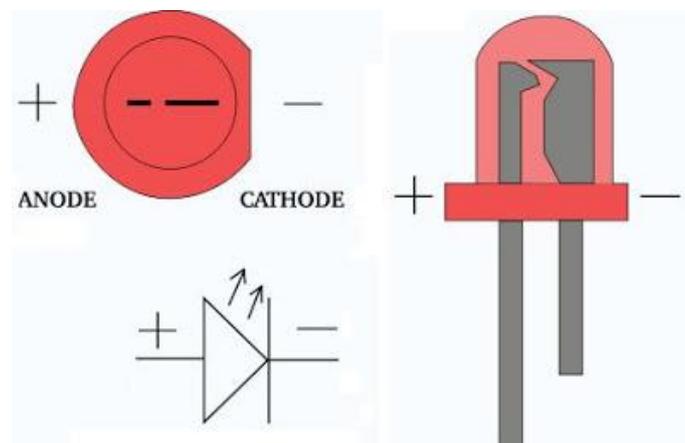


Gambar 2.1. Lampu LED

Dalam perkembangannya di bidang penerangan, LED kini mulai digunakan sebagai lampu penerangan baik untuk penerangan rumah maupun jalan. Di

Indonesia sendiri penggunaan LED dalam penerangan masih jarang digunakan. Hal ini dikarenakan harga dari lampu LED yang cukup mahal jika dibandingkan dengan lampu yang biasa digunakan. Pembuatan LED dilakukan berdasarkan kebutuhan tegangan yang umumnya digunakan oleh konsumen, yaitu pada tegangan 220 V. Maka susunan LED yang paling tepat adalah rangkaian seri, yaitu dengan 36 buah LED, LED ini sendiri disuplai oleh tegangan 220V yang sudah disearahkan sehingga sesuai dengan kebutuhan dari total LED yang dipasang. Sehingga tegangan keluaran dari suplai adalah tegangan searah, bukan lagi tegangan bolak-balik.

Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai lumen/watt dari lampu LED adalah nilai binning dari LED tersebut. Nilai binning merupakan predikat lampu yang telah melalui tahap pengujian standar yaitu standar konsistensi warna, usia pakai dan efikasi cahaya. Nilai binning yaitu bin 1, bin 2, bin 3, dst. Semakin besar nilai binning suatu bahan atau produk maka semakin jelek kualitasnya. Cos ϕ yang dihasilkan dari rangkaian ini sangat rendah, sehingga mempengaruhi konsumsi daya LED.



Gambar 2.2. Bagian-bagian LED

LED adalah sejenis diode semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, LED terdiri dari sebuah *chip* bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n *junction*. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk p-n *junction*.

Tak seperti lampu pijar dan neon, LED mempunyai kecenderungan polarisasi. *Chip* LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. *Chip* LED pada umumnya mempunyai tegangan rusak yang relatif rendah. Karakteristik chip LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju.

Masing-masing warna LED bergantung dari tegangan maju (*forward bias*) untuk dapat menyalakannya. Tegangan maju untuk LED tergolong rendah sehingga membutuhkan suatu resistor sebagai pembatas arus dan tegangan agar tidak merusak LED. Adapun tegangan led dan warnanya antara lain:

- | | |
|---------------------|---------------|
| - Infra merah: 1,5v | - Hijau: 3,5v |
| - Merah: 1,8v | - Biru: 3,6v |
| - Jingga: 2v | - Putih: 4v |
| - Kuning: 2,2v | |

2.1.2.2. Lampu Sodium

Lampu sodium memiliki 2 macam lampu yaitu lampu Sodium bertekanan tinggi atau *high pressure sodium (HPS)* dan lampu Sodium bertekanan rendah atau *low pressure sodium (LPS)*. Warna cahaya lampu sodium cenderung kekuningan. Lampu HPS menampilkan warna cahaya yang merah jambu keemasan yang cenderung menciptakan ruang dengan warna yang sangat coklat atau warna berkualitas rendah.

Beberapa tipe dari lampu sodium menggunakan kaca bola lampu kwarsa dan dapat menjadi sangat panas, sehingga membutuhkan perlindungan khusus untuk keselamatan.⁵ Lampu sodium memiliki efisiensi energi antara 15 dan 25 lumen per watt.⁶



Gambar 2.3. Lampu Sodium LPS dan HPS

Lampu sodium bertekanan rendah memancarkan cahaya berwarna kuning monokromatik, menciptakan pemandangan yang sama sekali tidak menampilkan warna lainnya. Lampu sodium tekanan tinggi melakukan peluahan muatan

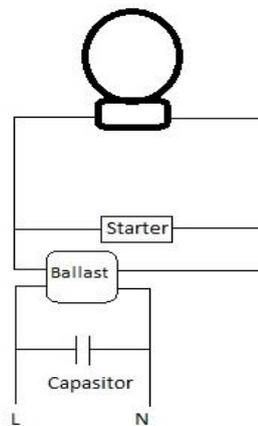
⁵ Mark Karlen, *Dasar-Dasar Desain Pencahayaan* (Jakarta: Erlangga, 2007), h.6

⁶ Ibid, h.7

sodium dalam tabung busur api kapur leleh oksida aluminium yang terletak di dalam bola lampu dari bahan kaca yang sangat keras.

Walaupun lampu HPS menawarkan efisiensi energi yang sangat tinggi, namun warnanya sangat terbatas sehingga hanya digunakan untuk pencahayaan jalanan, areal parkir, ruang kerja industri berat, gudang, lampu keamanan, dan aplikasi lainnya dimana warna cahaya bukanlah hal yang sangat penting. Lampu LPS bahkan lebih tinggi efisiensinya, namun warna cahayanya sangat kurang sehingga penggunaannya hanya terbatas pada lampu keamanan.⁷

Lampu Sodium yang digunakan pada penerangan jalan umum tol menggunakan lampu Sodium bertekanan tinggi sehingga pencahayaan yang dibutuhkan pada jalan tol cukup menerangi jalan bagi pengendara.



Gambar 2.4. Rangkaian lampu Sodium

Sistem rangkaian lampu Sodium membutuhkan komponen pendukung seperti starter / ignitor, ballast dan kapasitor karena komponen tersebut dibutuhkan pada lampu terisolasi gas.

⁷ Ibid, h.10

2.1.3. Jalan Tol

Jalan adalah prasarana hubungan darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan, orang dan hewan. Jalan dikelompokkan berdasarkan jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas umum. Jalan khusus adalah jalan yang termasuk selain jalan umum.

(Lampiran 1)

Menurut kelasnya, jalan juga dibagi menjadi 5 yaitu:

- Arteri Primer

Jalan ini merupakan jalan yang mempunyai 4 jalur lalu lintas atau lebih dan dilengkapi dengan median (pembatas tengah).

- Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh dan kecepatan tinggi.

- Kolektor Primer

Jalan yang menghubungkan secara efisien antar pusat kegiatan wilayah atau menghubungkan antara pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal

- Kolektor Sekunder

Jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat dengan kecepatan rendah.

- Jalan Lingkungan

Jalan alternatif atau yang biasa dilalui kendaraan-kendaraan kecil seperti jalan perumahan.⁸

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton dan kemampuan jalan tersebut dalam menyalurkan kendaraan dengan dimensi maksimum tertentu.

Kata Tol sendiri merupakan serapan dari Bahasa Inggris yaitu *TOLL* yaitu singkatan dari *Tax On Location* yang memiliki arti jalan alternatif yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan untuk penggunaannya boleh melintas jika membayar pada lokasi tersebut.

Dibawah ini merupakan tabel klasifikasi menurut kelas jalan, fungsi jalan dan dimensi kendaraan maksimum (panjang dan lebar) kendaraan yang diijinkan melewati jalan tersebut.

Tabel 2.1. Klasifikasi Jalan secara umum menurut kelas fungsi, dimensi kendaraan maksimum dan muatan sumbu terberat (MST)

| Kelas Jalan | Fungsi Jalan | Dimensi Kendaraan Max. | | Muatan Sumbu Terberat (ton) |
|--------------|--------------|------------------------|-----------|-----------------------------|
| | | Panjang (m) | Lebar (m) | |
| I | Arteri | 18 | 2,5 | >10 |
| II | | 18 | 2,5 | 10 |
| III A | | 18 | 2,5 | 8 |
| III A | Kolektor | 18 | 2,5 | 8 |
| III B | | 12 | 2,5 | 8 |
| III C | Lokal | 9 | 2,1 | 8 |

Sumber: Peraturan Pemerintah RI pasal 11 no. 43/1993

⁸ Badan Standar Nasional, *Geometri Jalan Perkotaan* (Jakarta: BSN, 2004), h.9

Jalan tol adalah jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu lebih dari dua (mobil, bus, truk) dan bertujuan untuk mempersingkat waktu dari satu tempat ke tempat lain.⁹ Jalan tol juga dijadikan sebagai jalan utama yang sebagian besar digunakan oleh masyarakat urban dan menjadi jalan yang berbeda dibandingkan jalan pada umumnya.

Jalan tol ini merupakan jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada. Jalan tol diselenggarakan dengan maksud untuk mempercepat pewujudan jaringan jalan dan merupakan bagian sistem jaringan jalan sebagai jalan nasional yang penggunaanya diwajibkan membayar tol.¹⁰ Sehingga tidak semua orang bisa melewati jalan ini dan hanya orang tertentu saja yang bisa melewati jalan tol.



Gambar 2.5. Jalan Tol

⁹ https://id.wikipedia.org/wiki/Jalan_tol, pada tanggal 29-11-2015, jam 11:28

¹⁰ DPR RI, *UU no.38 tahun 2004* (Jakarta: DPR RI, 2004), h. 2

Jalan tol diselenggarakan dengan tujuan meningkatkan efisien pelayanan jasa distribusi guna menunjukkan pertumbuhan ekonomi dengan perkembangan wilayah dengan memperhatikan rencana induk jaringan jalan. Terdapat beberapa cara untuk mendefinisikan waktu pelayanan, hal itu tergantung kepada apa yang sedang dilayani. Pelayanan berarti memberikan suatu kepuasan bagi si penerima jasa yang di berikan kepada pemberi jasa.

Waktu pelayanan adalah waktu yang diberikan dalam melayani penerima jasa secara efektif dan efisien, dengan waktu cepat dan tepat penerima jasa akan merasa puas. Pertambahan volume lalu lintas yang memakai jalan tol akan menuntut pelayanan yang handal dari pemakai jalan tol tersebut sebagai imbalan dari sejumlah pembayaran tol yang mereka berikan.

Target yang menjadi sasaran pelayanan jasa jalan tol terhadap pemakai jasa adalah kelancaran, keamanan dan kenyamanan. Untuk dapat mencapai sasaran tersebut, ditetapkan sebagai tolak ukur operasionalnya adalah berupa waktu pelayanan di gardu, waktu tempuh jalan tol, tingkat kelancaran, tingkat fasilitas, tingkat keluhan pelanggan dan standar kerataan jalan.

Pada situasi dimana terdapat banyak jalur masuk station dan juga tersedia fasilitas pelayanan, maka asumsi pengguna fasilitas pelayanan tunggal dapat dilakukan asalkan aliran kendaraan terbagi secara merata atau sama di antara fasilitas-fasilitas yang ada (Martin, 1967).

2.1.4. Penerangan Jalan Umum (PJU)

Lampu penerangan jalan merupakan bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan atau dipasang di kiri atau kanan jalan dan atau ditengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan disekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah dan merupakan suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya, elemen optik, elemen elektrik dan struktur penopang serta pondasi tiang lampu.

a. Struktur Lampu Penerangan Jalan Umum

Berdasarkan jenis sumber cahaya, lampu penerangan jalan umum dapat pula dibedakan atas 2 (dua) macam yaitu lampu Sodium dan lampu LED. Pada penerangan lampu Sodium, fitting berbentuk cembung. Sedangkan pada penerangan lampu LED, fitting berbentuk pipih.



Gambar 2.6. Fitting Lampu Sodium



Gambar 2.7. Fitting Lampu LED

(Sumber : Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1992)

b. Tiang Lampu Penerangan Jalan

Jenis tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi. Berdasarkan bentuk lengannya (stang ornamen), tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi 3 yaitu lengan tunggal, lengan ganda dan tanpa lengan ialah sebagai berikut.¹¹ (Lampiran 2)

1. Lengan Tunggal



Gambar 2.8. Tiang Lampu Lengan Tunggal

Tiang ini hanya memiliki 1 lengan lampu di salah satu sisinya. Baik di sisi kanan maupun sisi kiri. Tiang ini disebut juga sebagai *single parabole*.

2. Lengan Ganda

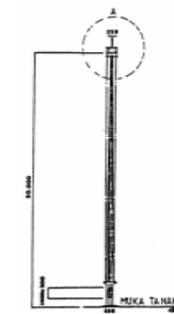


Gambar 2.9. Tiang Lampu Lengan Ganda

¹¹ SNI 7391, *Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan* (Jakarta: BSN, 2008) h.20

Tiang ini memiliki 2 lengan sejajar pada sisi sampingnya yaitu kanan dan kiri. Tiang lengan ganda diletakkan di tengah atau median jalan. Tiang ini disebut juga *double parabolic*.

3. Tanpa Lengan



Gambar 2.10. Tiang Lampu Tanpa Lengan

Tiang ini berbeda dengan tiang lampu pada umumnya karena tidak memiliki stang ornament disisi manapun. Dan letak lampu berada di tengah atas tiang.

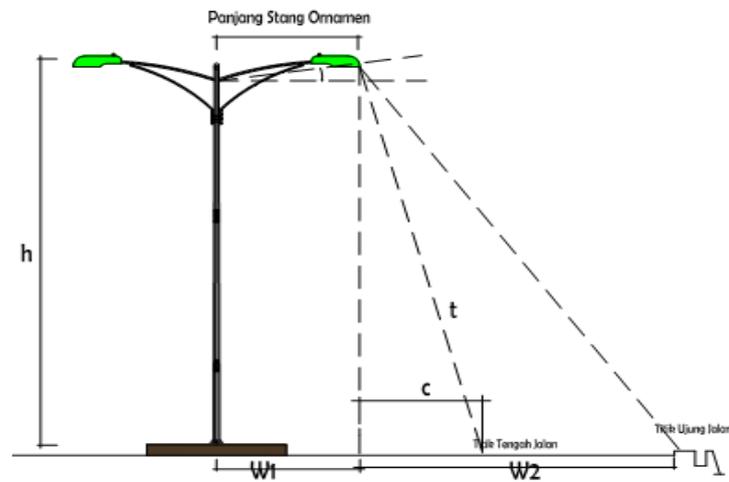
Untuk menentukan sudut kemiringan stangornamen, agar titik penerangan mengarah ketengah-tengahjalan, maka :

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

Sehingga :

$$\text{Cos } \varphi = \frac{h}{t}$$

(1) Gambar penentuan sudut kemiringan stang ornament terhadap lebar jalan



Gambar 2.11. Gambar Sudut Kemiringan PJU

Dimana :

- h : tinggi tiang
- t : jarak lampu ke tengah-tengah jalan
- c : jarak horizontal lampu-tengah jalan
- W1 : tiang ke ujung lampu
- W2 : jarak horizontal lampu ke ujung jalan

c. Panel Lampu Penerangan Jalan

Panel merupakan bagian sistem penerangan jalan umum yang berfungsi untuk meletakkan komponen-komponen pendukung sehingga lebih aman, rapi dan teratur.

Berdasarkan tempat meletakkannya, panel dapat dibagi menjadi:

- Panel duduk : memerlukan pondasi tersendiri untuk meletakkannya
- Panel gendong, terletak ditiang lampu seolah-olah pada posisi menggendong

Komponen yang ada didalam panel antara lain:

1. Meteran Listrik (Kwh meter)

Kwh meter adalah alat yang digunakan oleh pihak PLN untuk menghitung besar daya listrik terpakai dari suatu beban. Kwh meter terdiri dari kumparan tegangan, arus dan piringan magnet tetap. Pada Kwh meter akan terlihat nominal pemakaian daya pada beban.

2. MCB

MCB (*Mini Circuit Breaker*) adalah alat yang digunakan untuk memutus dan menyambung arus listrik seperti sama halnya dengan saklar namun perbedaannya, mcb berfungsi sebagai alat proteksi instalasi listrik.

3. Time Switch atau fotosel

Time switch atau fotosel adalah alat yang berfungsi sebagai pengatur waktu hidup dan matinya lampu menggunakan sistem surya atau fotosel

4. Kontaktor

Kontaktor adalah saklar listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik. Kontaktor digunakan sebagai control kapasitas daya yang besar

5. Terminal

Terminal merupakan tempat berkumpulnya atau penghubung suatu konduktor sebagai kontak penghantar yang mengalirkan arus pada panel.

d. Kabel Lampu Penerangan Jalan

Kabel merupakan penghantar yang membungkus isolasi, ada yang berbungkus tunggal atau banyak, ada yang dipasang diudara, dalam ruangan atau dalam tanah dan masing-masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya. Beberapa jenis kabel yang digunakan dalam penerangan jalan umum, antara lain:

1. Kabel Twisted

Kabel berpilin/belit (bahasa Inggris: twisted pair cable). Kabel ini merupakan kabel yang terdiri dari beberapa kabel jaringan yang dililit. Kabel ini berbahan aluminium padat.

2. Kabel NYM

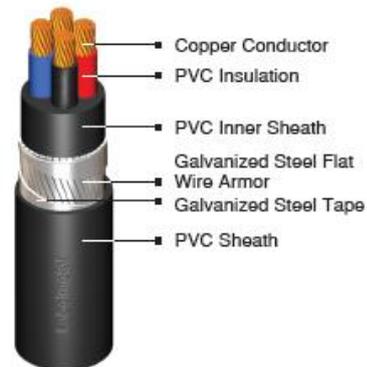
Kabel ini biasanya digunakan untuk kabel instalasi rumah tangga dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu).

Ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM berinti lebih dari satu atau memiliki lapisan isolasi 2 lapis sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA.

3. Kabel NYY

Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya berwarna hitam). Ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel ini dipergunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah) dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM dan tidak disukai tikus.

4. Kabel NYFGbY



Gambar 2.12. Konstruksi Kabel NYFGbY

Atau disebut juga kabel NYFGbY merupakan kabel yang paling sering digunakan dalam lampu penerangan jalan. (Lampiran 3)

Kabel ini diaplikasikan untuk tegangan menengah seperti untuk suplai penerangan tempat umum, suplai lampu merah, dan juga sebagai penghubung antara panel satu dengan lainnya. Kabel ini dipasang dalam tanah atau untuk tekanan tekanan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan.¹²

Dibawah ini merupakan gambar kabel NYFGbY.

1. Copper conductor : penghantar listrik
2. PVC insulation : penyekat antara konduktor satu dengan lainnya agar tidak terjadi break down / konsleting
3. Innersheath : isolasi layer berfungsi mengikat agar pilinan cabling tetap pada diameter tertentu

¹² Djoko Laras Budiyo, *Materi Instalasi Listrik* (Yogyakarta: UNY, 2009), h.4

4. Armor : penyekat atau pelindung mekanis agar konduktor terjaga dari bahaya luar agar tidak terjadi break down / konsleting yang berpelindung galvanized steel flat
5. Outersheath : isolasi layer luar yang berfungsi sebagai pelindung mekanis dan pengikat kabel agar pada posisi

Huruf N memiliki arti kabel penghantar dengan tembaga sebagai penghantarnya, huruf Y berarti selubung isolasi berbahan PVC, huruf F berarti kabel berbentuk kawat pipih, Gb menandakan kabel spiral dan Y yang terakhir berarti selubung luar berbahan PVC.

Pada pemasangan lampu SON T 250 Watt menggunakan kabel NYFGbY 4x16mm². Kabel ini merupakan kabel yang ditanam di dalam tanah.

Pada pemasangan kabel tanah harus diperhatikan konstruksi dan karakteristik kabel. Pemasangan kabel di dalam tanah harus dilakukan dengan cara sedemikian rupa sehingga kabel itu cukup terlindung terhadap kerusakan mekanis dan kimiawi yang mungkin timbul di tempat kabel tanah tersebut terpasang. Letak kabel harus ditandai dengan patok tanda kabel yang kuat, jelas, dan tidak mudah hilang. Perlindungan terhadap kerusakan mekanis pada umumnya dianggap mencukupi bila kabel tanah itu ditanam:

1. Minimum 0,8 m dibawah permukaan tanah pada jalan yang dilewati kendaraan.

2. Minimum 0,6 m dibawah permukaan tanah pada jalan yang tidak dilewati kendaraan¹³

Kabel tanah harus diletakkan didalam pasir atau tanah halus, bebas dari batu-batuan, di atas galian tanah yang stabil, kuat, rata dan bebas dari batu-batuan dengan ketentuan tebal lapisan pasir atau tanah halus tersebut tidak kurang dari 5cm disekeliling kabel tanah tersebut.¹⁴

e. Sistem Penempatan Lampu Penerangan jalan

Sejak pencahayaan buatan ditemukan, pengendalian adalah hal yang sangat penting. Bahkan cahaya lilin dan cahara dari gas dapat dinyalakan dan dipadamkan serta kadang diredupkan. Dengan pencahayaan listrik control untuk menyalakan, memadamkan dan meredupkan cahaya adalah hal yang mudah.¹⁵

Seperti halnya pada PJU (Penerangan Jalan Umum), mengendalikan waktu operasi dari pencahayaan lampu untuk penghematan energy. PJU menyala pada jam efektif cahaya dibutuhkan yaitu mulai dari jam 6 sore sampai 6 pagi selama 12 jam. Pengendalian lampu PJU menggunakan saklar waktu dan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah sebuah sensor yang bekerja jika menerima cahaya.

Adapun sistem penempatan PJU antara lain:

1. Teknik Pelaksanaan Penerangan Jalan Umum

Dalam merencanakan dan membuat Lampu Penerangan Jalan tidak semata-mata membangun dan meletakkan di sisi jalan. Namun

¹³ PUIL 2000 SNI 04-0225-2000, Pasal 7.15.1.2, h.276

¹⁴ Ibid, Pasal 7.15.1.4, h.276

¹⁵ Mark Karlen, Op.Cit., h.25

menggunakan prosedur secara sistematis yang ada pada teknik pelaksanaan penerangan jalan umum seperti teknik pelaksanaan penerangan jalan umum.

2. Lampu Penerangan Jalan

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan/dipasang di kiri/kanan jalan dan atau di tengah (bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (*intersection*), jalan layang (*interchange, overpass, fly over*), jembatan dan jalan di bawah tanah (*underpass, terowongan*).¹⁶

Sistem penempatan lampu penerangan adalah susunan penempatan/penataan lampu yang satu terhadap lampu yang lain.

Sistem penempatan ada 2 sistem yaitu:

- a. Sistem Penempatan Menerus : Secara seri dan memanjang
- b. Sistem Penempatan Parsial (setempat): Tersebar dan di beberapa tempat

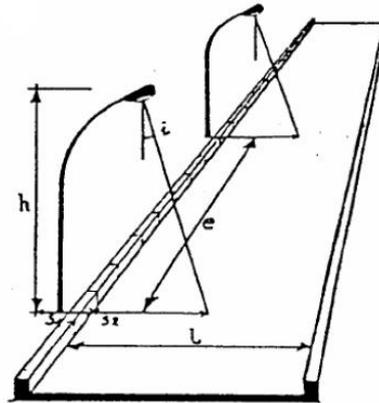
Tabel 2.2. Sistem Penempatan Lampu Penerangan jalan

| Jenis Jalan /Jembatan | Sistem Penerapan Lampu Yang Digunakan |
|---------------------------------|--|
| Jalan Bebas Hambatan (TOL) | Sistem menerus |
| Jalan Arteri | Sistem menerus dan parsial |
| Jalan Kolektor | Sistem menerus dan parsial |
| Jalan Lokal | Sistem menerus dan parsial |
| Persimpangan, Interchange, Ramp | Sistem menerus |

¹⁶ SNI 7391, Op.Cit., h.24

| Jenis Jalan /Jembatan | Sistem Penerapan Lampu Yang Digunakan |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Jembatan | Sistem menerus |
| Terowongan | Sistem menerus bergradasi |

Sumber : Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1992



Gambar 2.13. Gambaran Umum Perencanaan dan penempatan lampu penerangan jalan

Keterangan Gambar:

H = Tinggi tiang lampu

L = Lebar badan jalan

E = Jarak interval antar tiang lampu

s_1+s_2 = Proyeksi kerucut cahaya lampu

s_1 = Jarak tiang lampu ke tepi perkerasan

s_2 = Jarak dari tepi perkerasan ke titik penyinaran terjauh

I = sudut inklinasi pencahayaan/penerangan

2.1.5. Efisiensi

Efisiensi merupakan salah satu kriteria untuk menentukan baik tidaknya suatu benda, alat, bahan ataupun kinerja. Menurut beberapa ahli, efisiensi adalah perbandingan terbaik antara input (masukan) dan output (hasil) antara keuntungan

dengan biaya (antara hasil pelaksanaan dan sumber yang digunakan) seperti halnya juga optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas.

Dalam kamus besar pengertian efisiensi adalah Kemampuan menjalankan tugas dengan baik dan tepat (dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga dan biaya).¹⁷ Sedangkan menurut Supriyono dalam bukunya mendefinisikan Efisiensi adalah jika suatu unit dapat bekerja dengan baik, sehingga dapat mencapai hasil atau tujuan yang diharapkan¹⁸. Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi merupakan kemampuan sesuatu dalam menjalankan kinerja dan aktivitasnya untuk memperoleh hasil tertentu.

Efisiensi yang akan dianalisis dalam penelitian ini antara lain:

1. Daya listrik lampu

Daya listrik dalam satuan watt yang dibutuhkan lampu untuk menyala. Hal yang menjadi perbandingan adalah besarnya daya yang dibutuhkan lampu LED dengan lampu Sodium

2. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya (lux) didapat dengan alat ukur lux meter dan perhitungan standar pencahayaan. Untuk merencanakan sistem PJU yang efisien, diperlukan tenaga ahli yang memahami sistem iluminasi jalan.¹⁹

3. Biaya listrik lampu dan biaya *maintenance*

Biaya dalam satuan rupiah untuk menyalakan lampu setiap bulannya serta biaya pemeliharaan dan perawatan lampu.

¹⁷ Depdikbud, *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Jakarta: Balai Pustaka, 1995), h.250

¹⁸ Supriyono, *Akuntansi Manajemen* (Yogyakarta: UGM, 1997), h.35

¹⁹ Kementerian Energi dan SDM, *Efisiensi Energi Pencahayaan Jalan Umum* (Jakarta: Dirjen Energi, 2009), h.17

4. Harga produk

Harga pembelian produk lampu LED dengan lampu Sodium.

2.1.5.1. Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi

“Tidak ada sesuatu tanpa efisiensi.” Kata-kata Benjamin Disraeli ini menemukan kebenarannya pada peta energi modern. Efisiensi adalah perbandingan yang terbaik dari input (masukan) dan output (hasil antara keuntungan dengan sumber-sumber yang dipergunakan), seperti halnya juga hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber-sumber yang terbatas.²⁰

Menurut studi dari Boston Consulting Group (BCG), sektor listrik ASEAN, baik di bidang pembangkitan, transmisi, maupun distribusi, akan membutuhkan investasi sekitar 500 milyar dolar seiring meningkatnya permintaan daya listrik regional dari 656 Twh pada 2010 menjadi 2414 Twh pada 2030 (Global Business Report, Oktober 2013). Supaya tren ini bisa menyediakan pertumbuhan positif serta memenuhi kebutuhan listrik dari populasi yang makin meningkat, maka dibutuhkan dedikasi yang kuat untuk meningkatkan efisiensi. Hal ini akan mendorong penurunan tarif listrik sebagai kabar baik buat dunia bisnis.

Berkaitan dengan fenomena itu, banyak beberapa penelitian merencanakan hal-hal yang harus diperhatikan untuk mengefisiensikan listrik. Salah satunya adalah mengganti lampu jenis lama menjadi lampu hemat energi seperti LED. Efisiensi energi dalam konsumsi tenaga listrik juga sangat terpengaruh oleh pemilihan jenis lampu, bahan bakar, besar daya terpakai, lama pemakaian hingga tata letak penerangan itu sendiri. Tetapi tidak terbatas, pada efisiensi operasional

²⁰ S.P. Hasibuan, *Manajemen Dasar, Pengertian dan Masalah* (Jakarta: Gunung Agung, 1988), h. 4

dan peralatan. Salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi biaya dan kinerja dalam menghasilkan tenaga listrik adalah teknologi.

Saat ini, di Indonesia, memulai teknologi listrik yang hemat energy namun tidak sedikit pula yang masih menggunakan alat lama untuk pemakaian listrik seperti jenis lampu Sodium yang masih dipertahankan di beberapa wilayah ibukota dalam menerangi jalan-jalan umum seperti jalan tol.

Di samping itu, pemilihan jenis lampu beserta pada perbedaan tarif listrik untuk konsumen, rumah tangga, dan tujuan komersil. Efisiensi teknologi dan pemilihan tipe lampu menjadi pertimbangan yang semakin penting dalam mencapai energi yang cukup dimasa depan.

Kesadaran akan makin terbatasnya stok energi listrik menimbulkan perdebatan tentang opsi alat alternatif apa saja yang tersedia. Bagaimanapun juga, alat alternatif memakan waktu beberapa tahun untuk menyamakan kapasitas yang ada. Namun menyamakan kapasitas yang ada akan menghasilkan tujuan alternatif yang akan dicapai.

Oleh karena itu, konsumen akan lebih diuntungkan (tarif listrik bagi mereka akan jadi lebih murah) jika masalah biaya bagi pengguna akhir yang dipacu oleh Fuel Cost Pass Through (FCPT) ditangani dengan menerapkan solusi-solusi dan teknologi paling efisien dan kompetitif yang tersedia di pasaran.²¹ Semua ini akan

²¹ <http://gereports.co.id/post/98877742125/efisiensi-energi-adalah-masa-depan-kita-1> pada tanggal 30-11-2015 jam 07:54

menjawab kecemasan pemakai listrik, ditambah dengan daya listrik yang strategis, akan menjamin biaya listrik yang terjangkau bagi konsumen akhir.

2.1.6. Teori Dasar Penerangan

Istilah yang sering digunakan dalam Pencahayaan:

1. Fluks Cahaya

Fluks cahaya adalah seluruh jumlah cahaya yang dipancarkan dalam satu detik.

Dimana :

Φ : fluks cahaya (lm)

W : Daya lampu (watt)

L/w : Luminous Efficacy Lamp (Lumen/watt)

$$\Phi = W \times L/w$$

2. Intensitas Penerangan (Iluminasi)

Intensitas penerangan atau iluminasi di suatu bidang adalah fluks cahaya yang jatuh pada 1 meter² dari bidang itu.

Dimana :

E : intensitas penerangan (lux)

Φ : fluks cahaya dalam lumen (lm)

A : luas bidang (m²)

$$E = \Phi / A$$

3. Luminasi

Luminasi adalah suatu ukuran untuk terang suatu benda. Luminasi yang terlalu besar akan menyilaukan mata.

Dimana :

L : luminasi (cd/m^2)

I : intensitas cahaya (cd)

As : luas semu permukaan (m^2)

$$L = I / A_s$$

4. Efikasi

Efikasi cahaya merupakan hasil bagi antara fluks luminous dengan daya listrik masukan suatu sumber cahaya.²²

Dimana :

K : efikasi cahaya (lm/watt)

Φ : fluks cahaya (lm)

P : daya listrik (watt)

$$K = \Phi / P$$

5. Biaya Pemakaian

Adalah harga / nominal biaya pemakaian daya listrik suatu beban setiap bulan (30 hari)

$$M = P \times t \times S \times 30 \text{ hari} / 1000 \times U$$

Dimana :

²² Christian D, *Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu* (Jakarta: Artolite Grasindo, 1991), h.15

M : Biaya pemakaian tiap bulan (Rp/bulan)

P : Daya total lampu tiap bulan (Watt)

t : waktu pemakaian (jam)

S : Jumlah lampu terpasang (buah)

U : Tarif biaya pemakaian tiap bulan (Rp/kWh)

*Tarif PJU (golongan P3) : Rp. 1.352,-/kWh (Lampiran 4)

Tabel 2.3. Tarif Tenaga Listrik Untuk Keperluan Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum

| No | Gol. Tarif | Batas Daya | Reguler | | Pra Bayar (Rp/kWh) |
|----|------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | | Biaya Beban (Rp/kVA/bulan) | Biaya Pemakaian (Rp/kWh) | |
| 1 | P – 1/ TR | 450 VA | 20.000 | 575 | 685 |
| 2 | P – 1/ TR | 900 VA | 24.600 | 600 | 760 |
| 3 | P – 1/ TR | 1.300 VA | - | 1.049 | 1.049 |
| 4 | P – 1/ TR | 2.200 VA s.d. 5.500 VA | - | 1.076 | 1.076 |
| 5 | P – 1/ TR | 6.600 VA s.d. 200 kVA | - | 1.352 | 1.352 |
| 6 | P – 2/ TR | Di atas 200 kVA | - | - | - |
| 7 | P – 3/ TR | - | - | 1.352 | 1.352 |

2.1.7. Alat Ukur Penerangan (Lux Meter)

Alat ukur cahaya (lux meter) adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya di suatu tempat. Besarnya intensitas cahaya ini perlu untuk diketahui karena pada dasarnya manusia juga memerlukan penerangan yang cukup. Untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya ini maka diperlukan sebuah sensor yang cukup peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara

sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter.



Gambar 2.14. Lux Meter

Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas cahaya akan semakin berkurang. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari rangka, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intenstasnya.Luxmeter terdiri dari sebuah sensor dengan sel foto (photo diode), dan layar panel.Prinsip kerja dari lux meter adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron. Idealnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron.

Cahaya akan menyinari sel foto yang kemudian akan ditangkap oleh sensor sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar.

2.1.8. Standar SNI Penerangan

2.1.7.1. RSNI Badan Standar Nasional Indonesia tentang Geometri

Standar Geometri Jalan Perkotaan ini merupakan standar untuk merencanakan geometri jalan di kawasan perkotaan yang dipersiapkan oleh Sub Panitia Teknik Bidang Prasarana Transportasi melalui Gugus Kerja Teknik Lalu Lintas dan Geometri. Standar ini diprakarsai oleh Direktorat Bina Teknik,

Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

Standar ini merupakan penyempurnaan sebagian dari Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan (Maret 1992) yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum dan disesuaikan dengan buku *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, ASSHTO tahun 2001*. Tata cara penulisan standar ini mengacu pada standar dari Badan Standarisasi Nasional (BSN) Nomor 8 tahun 2000.

Standar perencanaan geometric untuk jalan perkotaan (Maret 1992) yang disusun oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, dikembangkan menjadi:

1. Standar Geometri Jalan Perkotaan (ruas jalan), RSNI T-14-2004;
2. Standar Geometri Persimpangan (sebidang/tidak sebidang) Jalan Perkotaan;
3. Pedoman Teknis No. Pt-02-2002-B, Tata Cara Perencanaan Geometri Persimpangan Sebidang;
4. Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Perkotaan, Nomor : 031/T/BM/1999/SK. Nomor : 76/KPTS/Db/1999
5. Tata Cara Perencanaan Geometri Persimpangan Tidak Sebidang (Flyover/Overpass/Underpass) dan lain.lain

Standar Geometri jalan perkotaan ini merujuk pada buku-buku acuan sebagai berikut: (Lampiran 5)

- a. UU RI No.13 tahun 1980 tentang *Jalan*

- b. UU RI No.14 tahun 1992 tentang *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*
- c. PP RI No.26 tahun 1985 tentang *Jalan*
- d. PP RI No.43 tahun 1993 tentang *Prasarana dan Lalu Lintas Jalan*
- e. Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-2447-1991 *Spesifikasi Trotoar*
- f. AASHTO tahun 2001. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets;*
- g. Pedoman Teknis No. Pt-02-2002-B. *Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Perkotaan*

2.1.8.2. BNKT No.12/S/1991 Dirjen Bina Marga

Dalam peraturan Direktorat Jenderal Bina Marga Pembinaan Jalan Kota BNKT nomor 12 tahun 1991 tercantum beberapa peraturan tentang lampu penerangan jalan antara lain:

a. Fungsi PJU

Beberapa fungsi dari Lampu Penerangan Jalan antara lain:

(Lampiran 6)

- Untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara, khususnya untuk mengantisipasi situasi perjalanan pada malam hari
- Member penerangan sebaik-baiknya menyerupai kondisi di siang hari
- Untuk keamanan lingkungan atau mencegah kriminalitas
- Untuk memberikan kenyamanan dan keindahan lingkungan jalan

b. Satuan Penerangan Sistem Internasional

Satuan Penerangan sistem Internasional yang digunakan adalah sbb:

- Tingkat/Kuat Penerangan (Iluminasi –Lux)

Didefinisikan sebagai sejumlah arus cahaya yang jatuh pada suatu permukaan seluas 1 (satu) meter persegi sejauh 1 (satu) meter dari sumber cahaya 1 (satu) lumen. Iluminasi memiliki satuan lumen / m² atau biasa dikenal dengan sebutan lux.

- Intensitas Cahaya

Adalah arus cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu kerucut (cone) cahaya, yang dinyatakan dengan satuan unit Candela.

- Luminasi

Adalah permukaan benda yang mengeluarkan/memantulkan intensitas cahaya yang tampak pada satuan luas permukaan benda tersebut, dinyatakan dalam Candela per meter persegi (Cd/m²)

- Lumen

Adalah unit pengukuran dari besaran cahaya (arus cahaya). Lumen merupakan jumlah cahaya yang dihasilkan oleh sebuah lampu. Lumen dihitung dari kekuatan suatu sumber cahaya dan tidak menghitung intensitas cahaya lain, hanya pada sumber cahaya dengan arah cahaya yang mengarah ke satu sisi.

2.1.8.3. SNI 7391:2008 tentang PJU TOL

SNI (Standar Nasional Indonesia) nomor 7391 tahun 2008 merupakan standar yang ditetapkan oleh BSN (Badan Standar Nasional) sebagai standar Penerangan Jalan Umum TOL.

Spesifikasi Penerangan Jalan bertujuan untuk mendapatkan keseragaman dalam merencanakan penerangan jalan khususnya dikawasan perkotaan, sehingga dihasilkan penerangan jalan yang dapat memberikan keselamatan, kelancaran, dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Jalan yang biasa di jumpai pada kawasan perkotaan adalah jalan bebas hambatan (TOL). Tingkat intensitas penerangan lampu jalan tol tercantum dalam standar yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 7391:2008 (Standar Nasional Indonesia) tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di kawasan Perkotaan.

Tabel 2.4. Jenis lampu penerangan jalan secara umum menurut karakteristik dan penggunaannya

| Jenis Lampu | Efisiensi rata-rata (lumen/watt) | Umur rencana rata-rata (jam) | Daya (Watt) | Pengaruh terhadap warna obyek | Keterangan |
|--|----------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah | 60 -70 | 8.000 – 10.000 | 18 – 20; 36 - 40 | Sedang | - Untuk jalan kolektor local - Efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek - Jenis lampu digunakan untuk hal-hal terbatas |
| Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U) | 50 – 55 | 16.000 – 24.000 | 125; 250; 400; 700 | Sedang | - Untuk jalan kolektor, local dan persimpangan; efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil;jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas. |
| Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX) | 100 -200 | 8.000 – 10.000 | 90; 180 | Sangat buruk | - Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, penyeberangan,terowongan, tempat peristirahatan (<i>restarea</i>);efisiensi sangat tinggi,ukuran lampu besar |

Tabel 2.4. Lanjutan

| Jenis Lampu | Efisiensi rata-rata (lumen/watt) | Umur rencana rata-rata (jam) | Daya (Watt) | Pengaruh terhadap warna obyek | Keterangan |
|--|----------------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---|
| Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX) | 100 -200 | 8.000 – 10.000 | 90; 180 | Sangat buruk | - Untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning; Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi. |
| Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON) | 110 | 12.000 – 20.000 | 150; 250; 400 | Buruk | Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i> ; efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya; - Jenis lampu ini sangat baik - dan sangat dianjurkan |

(Sumber: SNI 7391)

Sedangkan LED, menurut jurnal Ir. Parnyoto menyampaikan kajian karakteristik untuk jenis lampu LED dengan daya tertentu akan menghasilkan nilai lux dan tinggi tiang yang telah ditentukan.

Tabel 2.5. Tabel Spesifikasi standar minimal lampu pju LED

| Daya Lampu | Tinggi Tiang Lampu | Tingkat Pencahayaan |
|------------|--------------------|---------------------|
| 60 Watt | 8 meter | 8 lux |
| 70 Watt | 8 meter | 8 lux |
| 90 Watt | 9 meter | 9 lux |
| 110 Watt | 10 meter | 15 lux |
| 160 Watt | 10 meter | 20 lux |
| 300 Watt | 11 meter | 30 lux |

Sumber: Jurnal Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan PT.PLN Persero

Untuk jarak antar tiang PJU khususnya lampu Sodium (SON T) telah diklasifikasikan sesuai dengan Standar Jarak Antar Tiang PJU yang terdapat pada SNI 7391.

Tabel 2.6. Jarak Antar Tiang PJU

| Jenis lampu | Tinggi lampu (m) | Lebar jalan (m) | | | | | Tingkat pencahayaan minimal |
|-----------------------------|------------------|-------------------|----|----|----|----|-----------------------------|
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 14 | |
| 50W SON atau 80W MBF/U | 4 | 28 | 26 | - | - | - | 3,5 LUX |
| | 5 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | |
| 70W SON atau 125WMBF/U | 6 | 44 | 43 | 41 | 39 | 37 | |
| 70W SON atau 125WMBF/U | 6 | 31 | 30 | 28 | 26 | 24 | 6,0 LUX |
| 100W SON | 6 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | |
| 150W SON atau 250W MBF/U | 8 | 47 | 45 | 43 | 41 | 39 | 10 LUX |
| 100W SON | 6 | 26 | 23 | - | - | - | |
| 250W SON atau 400W MBF/U | 10 | - | 55 | 53 | 50 | 47 | |
| 250W SON atau 400W MBF/U | 10 | 35 | 33 | 32 | 30 | 40 | 20 LUX |
| 400W SON | 12 | - | 39 | 38 | 37 | 36 | 30 LUX |

(Sumber: SNI 7391)

2.2. Kerangka Berpikir

Penelitian ini menganalisis daya listrik yang dikonsumsi lampu LED dengan lampu Sodium pada penerangan jalan umum gerbang tol dengan membandingkan konsumsi daya pada lampu penerangan. Penelitian terdiri atas 2 buah tempat yaitu penerangan jalan umum gerbang tol Bekasi Barat 1 dan 3. Dimana dalam terdapat

2 jenis lampu yang berbeda yaitu lampu LED pada tol Bekasi Barat 1 dan lampu Sodium pada tol Bekasi Barat 3.

Maka penelitian yang akan dilakukan adalah membandingkan sistem penerangan, biaya listrik dan intensitas cahaya yang ada pada lampu LED dan lampu Sodium pada penerangan tol. Hasil yang diharapkan adalah lampu LED lebih kecil daya listrik namun menghasilkan intensitas cahaya yang terang dibandingkan menggunakan lampu konvensional seperti lampu Sodium.