

KAJIAN PENGGUNAAN ALAT PENERANGAN JALAN TIPE LED DI JALAN BY PASS MUNGGU TANAH LOT

I Nyoman Tri Juliarta¹, A A Gd Maharta Pelayun², Gd Dyana Arjana³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jl. Raya Kampus Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali

Email:trijuliarta97@gmail.com

ABSTRAK

Keberadaan lampu penerangan jalan umum (APJ) sebagai sarana penunjang jalan sangat diperlukan untuk memberikan kenyamanan, keamanan, dan keselamatan bagi pengguna jalan. Alat penerangan jalan yang tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2008 dapat menyebabkan masalah pada jalan. SNI 2008 mengharuskan jalan arteri primer memiliki iluminasi rata – rata sebesar 11- 20 lux. Masalah kurangnya iluminasi ini terjadi pada jalan *By Pass Munggu Tanah Lot* dari perempatan *traffic light* pantai seseh hingga perempatan jalan pantai nyanyi, yang memiliki panjang 1,47 Km dengan jumlah 21 titik lampu penerangan jalan yang menghasilkan iluminasi rata – rata 4,58 lux. Masalah harmonisa dalam sistem tenaga listrik semakin kompleks dengan bertambahnya penggunaan peralatan non linier (misal: lampu LED), dimana peralatan ini menghasilkan harmonisa pada gelombang tegangan dan arus. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan harmonisa terhadap Lampu LED dan Lampu Merkuri.

Metode yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah metode komparasi karakteristik lampu merkuri dan lampu LED yaitu membandingkan dari segi teknis dan ekonomi. Setelah itu mencocokkan dengan ketentuan dan kesesuaian yang dalam hal ini mengacu kepada SNI 2008

Kata kunci : Lampu Penerangan Jalan Umum, Iluminasi, LED, Standarisasi Nasional Indonesia, *By Pass Munggu Tanah Lot*.

ABSTRACT

The existence of public street lighting (APJ) as a means of supporting the road is very necessary to provide comfort, security, and safety for road users. Public street lighting that is not in accordance with the 2008 Indonesian National Standard (SNI) can cause road problems. SNI 2008 requires primary arterial roads to have an average illumination of 11-20 lux. The problem of lack of illumination occurs on the By Pass Munggu Tanah Lot road from the Seseh Beach traffic light intersection to the Singing beach road intersection, which has a length of 1.47 Km with a total of 21 street lighting points that produce an average illumination of 4,58 lux. The problem of harmonics in the electric power system is increasingly complex with the increasing use of non-linear equipment (eg LED lamps), where this equipment produces harmonics in voltage and current waves. In this study, harmonic calculations will be carried out on LED lamps and mercury lamps.

The method used in the preparation of this research is a method of comparing the characteristics of mercury lamps and LED lamps, which is to compare from a technical and economic point of view. After that, match the provisions and conformity which in this case refers to SNI 2008.

Keywords : *Public Street Lighting, Illumination, LED, Indonesian National Standard, By Pass Munggu Tanah Lot*

1. PENDAHULUAN

Keberadaan penerangan jalan sangat diperlukan untuk memberikan keselamatan, kenyamanan, dan juga keamanan untuk para pihak pengguna jalan. Menurut data dari dinas

perhubungan kota Denpasar, bahwa lampu gas merkuri atau biasa disebut HPM (*High Pressure Mercury*) sering digunakan untuk APJ (Alat Penerangan Jalan) pada berbagai penggal jalan. Lampu HPM yang terpasangan sekarang

ini masih belum sesuai dengan standar dan tidak begitu terang. Standar yang digunakan untuk menerangi jalan umum ini ialah berstandarkan SNI 2008 [1]. Penerangan jalan umum yang masih belum sejalan dengan standar ini menyebabkan munculnya berbagai permasalahan. Teknologi penerangan jalan yang efisien dapat diperoleh dengan menggunakan teknologi penerangan energi yang efisien dan sumber energi terbarukan sebagai power supply. Kemajuan teknologi pencahayaan sudah memberikan berbagai jenis dari perangkat pencahayaan yang abru yang digunakan menerangi jalan raya. Teknologi penerangan yang sangat sesuai dengan penerangan jalan raya ini mencakup dengan penerangan metal halide (MH), plasma, induksi, dan juga light emitting diode (LED), yang merupakan sebagai pengganti dari sistem penerangan yang high pressure sodium (HPS) saat ini [2]. Untuk sarana dalam menunjang jalan umum ini menyebabkan keadaan di malam hari yang rawan kecelakaan, kejahatan, ketidaknyamanan, gelap dan lain sebagainya. Dengan demikian, guna mencegah potensi terjadinya hal yang buruk terjadi serta menyelesaikan permasalahan yang berkenaan dengan pencahayaan APJ yang tidak terlalu terang ini, dengan demikian telah dilaksanakan berbagai penelitian sebelumnya yang berkenaan dengan analisa komparasi pemilihan lampu penerangan jalan tol semarang – solo [3]. Pada penelitian itu dilakukan perbandingan antara lampu existing dengan lampu SON-T yang bertujuan untuk menghemat biaya listrik perbulan dan memenuhi iluminasi rata – rata agar sesuai SNI 2008. Hasil dari penelitian ini menyatakan lampu SON-T telah memenuhi standar dan lebih hemat.

Kekurangan pencahayaan juga terjadi di jalan *by pass* Munggu Tanah Lot mulai dari Perempatan Lampu Merah Pantai Seseh Hingga Perempatan Jalan Pantai Nyanyi, Braban, Tanah Lot, yang memiliki kondisi jalan dapat membahayakan pengendara pada malam hari dikarenakan kurangnya penerangan jalan di sepanjang 1,47 Km di jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot dengan jumlah titik lampu terpasang 21 titik. Sejalan dengan berkembangnya zaman dan teknologi di dalam lampu APJ yang signifikan ini, awalnya menggunakan lampu pijar sampai dengan lampu LED akhir-akhir ini. Lampu *LED* menghasilkan cahaya yang lebih terangan dan memiliki umur yang panjang (*lifetime*) yaitu 50.000 jam [4].

Penelitian ini membahas komparasi beberapa karakteristik lampu *LED* dengan membandingkan dari segi teknis, ekonomis, dan menyesuaikan dengan standar yang berlaku. Dalam penelitian ini diusulkan untuk menemukan lampu *LED* yang dapat menghemat biaya listrik dan memiliki iluminasi rata – rata yang sesuai dengan SNI 2008. Guna menemukan lampu *LED* yang sesuai pada penelitian akan dilakukan “Kajian Penggunaan Lampu Penerangan Jalan Tipe *LED* di Jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot”. Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kesesuaian ketentuan yang berlaku tentang intensitas penerangan lampu jalan umum.
2. Mengidentifikasi potensi penghematan energi listrik dengan menggunakan lampu Tipe *LED* sebagai lampu penerangan jalan.
3. Untuk mengetahui kesesuaian dan ketentuan mengenai harmonisa penerangan lampu jalan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lampu Penerangan Jalan

Lampu penerangan jalan ini didefinisikan dengan unsur yang dapat memperlengkapi jalan yang dipasang ataupun diletakkan pada kanan atau kiri jalan ataupun juga di bagian tengah untuk bagian dari medan jalan, yang fungsinya ialah memberikan penerangan lingkungan ataupun jalan yang ada di sekitaran jalan yang dibutuhkan.

2.2 Sistem Penempatan Lampu

Sistem penempatan lampu penerangan jalan ini didefinisikan dengan berbagai susunan dari penempatan lampu untuk yang satu dengan yang lain sebagainya. Sistem dari penempatan lampu ini dapat dibagi ke dalam dua jenis, di antaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Sistem Penempatan Menerus
Sistem penempatan menerus ini didefinisikan dengan sistem penempatan jalan yang sifatnya menerus di sepanjang jalanan.
2. Sistem Penempatan Parsial
Sistem penempatan parsial ini didefinisikan dengan suatu sistem penempatan untuk lampu yang terdapat di daerah tertentu ataupun di sepanjang jarak tertentu berdasarkan pada kebutuhannya [6]

2.3 Pencahayaan Pada Ruas Jalan

Kualitas pencahayaan yang ada di jalan ini dilakukan perhitungan dengan berlandaskan

pada metode luminasi ataupun iluminasi. Walaupun begitu, ini akan memberikan kemudahan untuk menggunakan metode iluminansi, hal ini dikarenakan memungkinkan untuk dapat dilakukan pengukuran secara langsung pada permukaan jalan dengan menggunakan alat penguku untuk kuat cahayanya tersebut. Berdasarkan pada klasifikasi atau jenis dari fungsi jalan, kualitas pencahayaan normal ini dapat ditetapkan dalam tabel 1 Kualitas Pencahayaan Normal, sebagaimana di bawah ini;

Tabel 1. Kualitas Pencahayaan Normal [1]

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (luminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata-rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata-rata (cd/m2)	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal : - Primer - Sekunder	2 - 5 2 - 5	0,10 0,10	0,50 0,50	0,40 0,40	0,50 0,50	4 4	20 20
Jalan kolektor : - Primer - Sekunder	3 - 7 3 - 7	0,14 0,14	1,00 1,00	0,40 0,40	0,50 0,50	4 - 5 4 - 5	20 20
Jalan arteri : - Primer - Sekunder	11 - 20 11 - 20	0,14 - 0,20 0,14 - 0,20	1,50 1,50	0,40 0,40	0,50 - 0,70 0,50 - 0,70	5 - 6 5 - 6	10 - 20 10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

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

2.4 Klasifikasi Suhu Warna

Suhu warna ini didefinisikan dengan besaran dalam memperlihatkan dingin ataupun panas untuk penampakan dari keluaran warna pencahayaan lampu, dan untk satuan dari suhu warna yang digunakan ini ialah satuan Kelvin [4].

- Suhu warna tinggi cahaya cenderung putih, dinamakan dengan penampakan dingin.
- Semakin tinggi suhu warna penampakan cahaya akan kebiruan.
- Suhu warna rendah cahaya cenderung kekuningan, dikenal dengan penampakan yang panas.

Temperatur warna lampu berdasarkan kawasan dan berdasarkan ruang lalu – lintas :

Tabel 2. Temperatur Warna Lampu Berdasarkan Kawasan [4]

Kawasan	*) CCT Nominal (K)
Kawan komersil	4.000 - 6.500
Kawasan pemukiman	3.000 - 4.000
Kawasan perkotaan	4.000 - 6.500

Tabel 3. Temperatur Warna Lampu Berdasarkan Ruang Lalu – Lintas [4]

Ruang Lalu-Lintas	CCT Nominal (K)
Jalan arteri	2.700 – 3.000
Jalan kolektor	4.000 – 5.000
Jalan lokal	4.000
Areal Parkir	6.500
Terowongan	4.000 - 6.500
Lintas bawah	6.500
Trotoar	6.500
Jembatan penyeberangan orang	6.500
Penyeberangan pejalan kaki	4.000

2.5 Satuan Teknik Penerangan

Di bawah ini ialah berbagai rumus dalam menghitung untuk satuan teknik penerangan [6]:

1. Besaran dari energi cahaya yang dapat dihasilkannya dalam tiap satuan waktu ini diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap besaran dari fluks cahaya.

Jika dirumuskan menjadi :

$$\phi = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

Q = energi cahaya pada lumen jam atau lumen detik

t = waktu dalam jam atau detik

2. Intensitas Cahaya ini didefinisikan dengan arus cahaya yang dapat sumber cahaya tersebut pancarkan ke dalam satu kerucut (cone) cahaya, disebut dengan satuan unit candela.

Jika dirumuskan menjadi:

$$\phi = i \times \omega \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

$$K = \frac{\phi}{P}$$

$$\phi = K \times P$$

Sehingga:

$$i = \frac{K P}{\omega}$$

Keterangan:

i = Intensitas cahaya dalam candela

ϕ = Fluks cahaya dalam lumen (lm)

ω = Sudut ruang dalam steridian (sr)

K = Efisiensi cahaya rata – rata lampu

3. Iluminasi (lux)

Iluminasi (lux) ini didefinisikank dengan satuan cahaya yang terdapat dalam suatu permukaan. Satu lumen per meter persegi ini sama dengan satu lux.

Jika dirumuskan menjadi:

$$E = \frac{\phi}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan:

E = iluminasi dalam Lux lm/m²

A = luas bidang dalam m²

Iluminasi pada titik P, dirumuskan sebagai:

$$E = \frac{1}{r^2} \cos \alpha$$

r merupakan jarak dari lampu ke ujung jalan

4. Luminasi

Luminasi ini didefinisikan dengan permukaan dari benda yang dapat memantulkan ataupun mengeluarkan intensitas cahaya yang dapat tampak terhadap satuan dari luas permukaan benda itu sendiri, ini disebutkan dengan Candela per meter persegi (Cd/m²).

Jika dirumuskan menjadi :

$$L = \frac{\phi}{\omega(A \cos \theta)} \dots \dots \dots (4)$$

Atau

$$L = \frac{1}{(A \cos \theta)} \dots \dots \dots (5)$$

5. Efikasi Cahaya

Efikasi cahaya terhitung ini ialah komparasi antara lumen keluaran yang terhitung dengan yang penggunaan dari daya daya terhitung, yang disebut dengan *lumen per wat*.

Jika dirumuskan menjadi :

$$K = \frac{\phi}{P} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan:

K = efikasi cahaya dalam lumen/ watt (lm/w)

P = daya listrik dalam watt (w)

2.6 Jenis – jenis lampu penerangan jalan

Terdapat berbagai jenis lampu yang dapat digunakan terhadap lampu penerangan jalan umum, di antaranya ialah sebagaimana di bawah ini [6]:

1. Lampu Sodium/ Natrium Tekanan Tinggi (SON)
Lampu sodium tekanan tinggi banyak digunakan untuk penerapan di luar ruangan.
2. Lampu Uap Merkuri
Lampu uap merkuri merupakan model lampu HID.
3. Lampu LED
Lampu LED (*Light Emitting Diode*) ini mempunyai potensi hemat energi. [5]

2.7 Tiang Lampu Penerangan Jalan

Berlandaskank terhadap bentuk dari lengannya (*Stang ornament*), tiang lampu ini dapat dikelompokkan ke dalam beberapa bentuk, di antaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Tiang lampu lengan tunggal
2. Tiang lampu lengan ganda

3. Tiang lampu tegak (tanpa lengan)

Agar dapat menetapkan sudut kemiringan *stang ornament*, supaya titik penerangan mengarah ketengah – tengah jalan, oleh karena itu:

$$T = \sqrt{h^2 - c^2} \dots \dots \dots (7)$$

Sehingga:

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

Dengan:

h = tinggi tiang;

t = Jarak Lampu ke tengah – tengah jalan;

c = Jarak Horizontal Lampu ke tengah - tengah jalan;

W1 = Jarak tiang ke ujung lampu;

W2 = Jarak Horizontal Lampu ke ujung jalan.

Dalam analisis ini, mempergunakan model Tiang Lengan Ganda, dengan Tinggi tiang 9m dan jarak antara tiang ke tiang ini ialah 53 m. [6]

2.8 Perhitungan Energi dan Biaya Listrik PLN Penerangan Jalan Umum

Energi Listrik ini didefinisikan dengan jumlah dari daya listrik yang dipergunakannya dalam tiap satuan waktunya. Besaran dari energi listrik ini dapat dilakukan perhitungan sebagaimana di bawah ini:

$$P_{\text{terokai}} = P_{\text{total}} \times t \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

P = daya listrik dalam watt (W)

t = waktu dalam jam

agar dapat melakukan perhitungan untuk konsumsi energi listrik ini ialah dengan mempergunakan killowatt-jam atau kWh (kilowatt-hour). Satuan ini menunjukkan besaran daya yang dibutuhkan dalam satuan kilo watt untuk kurun waktu yang tertentu dalam satuan jam (*hour*). Satuan kWh ini menunjukkan energi listrik yang dapat daya 1 killowat hasilkan dalam satu jam:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \dots \dots \dots (9)$$

Biaya listrik ini didefinisikan dengan biaya yang wajib dianggarkan dalam tiap kWh-nya dan dinotasikan berbentuk dengan satuan Rp/kWh, sementara itu, tarif daya listrik dalam penerangan jalan umum ini sudah diaturkan pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia nomor. 3 tahun 2020, menjelaskan bahwasannya tarif untuk penerangan dari jalan umum ini mencakup juga dengan tarif publik golongan P3/TR, yang mana besaran dari tarifnya ini

ialah Rp.1.467,28,- per kWh [8]. Dengan demikian, agar dapat melakukan perhitungan untuk biaya listrik per bulannya ialah sebagaimana di bawah ini:

$$\text{Biaya listrik} = P \times t \times 30 \times \text{Rp/kWh} \dots\dots(10)$$

Keterangan :

P = daya listrik dalam watt (W)

t = waktu dalam jam

2.9 Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik

THD ini didefinisikan dengan ukuran nilai efektif yang berbentuk dengan gelombang yang terdistorsikan atas komponen harmonisa. THD ini dikenal dengan faktor distorsi (*distortion factor*). THD dapat berlaku untuk tegangan dan arus. THD ini dapat digambarkan dengan nilai RMS atas harmonic di atas fundamental, dibagi dengan nilai rms fundamental. DC diabaikan. (Grady, 2006). Jadi untuk arus,

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{I_k}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{I_i}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{\frac{I_i}{\sqrt{2}}} \dots\dots(11)$$

Distorsi arus (THD_i) terhadap beberapa bebannya tersebut berbeda-beda, antara beberapa persen hingga melebihi 100 %, namun secara umum bahwa distorsi tegangan ini tidak lebih dari 5%. THD tegangan di bawah 5 % masih dapat diterima dan yang lebih tinggi dari 10% ini tentunya tidak dapat diterima dan nantinya akan mengakibatkan permasalahan terhadap peralatan listrik yang peka [8].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Untuk penelitian yang dilakukan ini, sumber data penelitian yang digunakan ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Data Primer ini didefinisikan dengan data penelitian yang dihasilkan atas proses pengamatan dengan melaksanakan observasi secara langsung, yang berbentuk dengan pengukuran langsung pada lampu dan lebar jalan di Jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot.
2. Data Sekunder yaitu data yang diperoleh dari brosur/datasheet model lampu, jurnal, tugas akhir atau skripsi yang membahas tentang lampu penerangan jalan dan tatanan lampu jalan dan buku-buku lainnya.

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

Data-data yang dapat dianalisis secara deskriptif dengan berbagai langkah sebagaimana di bawah ini:

1. Mengumpulkan data-data tinggi tiang lampu dan jumlah tiang lampu, intensitas cahaya, lebar jalan pada jalan *by pass* munggu tanah lot.
2. Mengumpulkan data-data lampu LED yang sesuai untuk menggantikan lampu yang terpasang.
3. Mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan alat ukur Lux Meter Dan Tang Ampere yang sudah dikalibrasi.
4. Menghitung formulasi penerangan (Arus Cahaya, Intensitas Cahaya, luminasi, Luminasi dan Efikasi Cahaya) dan penggunaan energi perbulan lampu LED. Penggunaan energi perbulan dan formulasi penerangan merujuk persamaan 1 hingga persamaan 10.
5. Membandingkan dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) intensitas cahaya untuk jalan *By Pass*.
6. Melakukan perbandingan hasil perhitungan lampu LED dengan membandingkan lampu dari segi ekonomis (Biaya Infestasi Awal, Biaya Listrik Perbulan dan Biaya Pemeliharaan), teknis (hasil perhitungan dengan formulasi cahaya) dan menentukan lampu LED yang sesuai.
7. Menghitung rugi – rugi daya, dan Distorsi harmonik total (Total Harmonic Distortion / THD) merujuk persamaan 12
8. Rekomendasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot merupakan jalan arteri yang memiliki panjang 1,47 km dengan lebar daerah jalan 8 m, meliputi 2 kabupaten atau kota yaitu kabupaten Badung dan Tabanan. Proyek pengadaan tanah tersebut dilakukan secara bertahap mulai tahun 2009 sampai dengan tahun 2012.

Pembangun Jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot mulai dikerjakan dari tahun 2009 sampai Tahun 2012 yang telah diresmikan pada tanggal 10 oktober 2012. Pembangunan jalan ini memakan biaya sebesar 15 miliar lebih menurut data dari Dinas Pekerjaan Umum. Pada Jalan *By Pass* Munggu Tanah Lot juga terpasang lampu jalan yang berfungsi sebagai penerangan pencahayaan buatan bagi pengguna jalan sehingga mereka merasa aman (*safety*) dalam melakukan aktifitas (berjalan, mengemudi, menyebrang). Tiang lampu yang digunakan disini memiliki tinggi tiang 9 meter dan memiliki tiang ornamen lampu dengan panjang 3,5 meter, dengan jarak antar tiang 50 meter.

4.2 DATA PENGUKURAN INTENSITAS CAHAYA MERKURI dan SPESIFIKASI LED

4.2.1 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Merkuri

Berikut merupakan hasil pengukuran intensitas cahaya pada ruas jalan *By Pass* Minggu Tanah Lot yang dilakukan pada pukul 20.00 wita dengan cuaca berawan menghasilkan E rata-rata = 5,68 Lux. Hasil pengukuran menggunakan luxmeter model Krisbow model KW06-291 di dapatkan data sebagai berikut :

TABEL 4. Hasil Pengukuran 23 titik Lampu Merkuri 250 watt

No	Nama Lampu	Intensitas Cahaya Jarak 3,5 mtr (Lux)	Intensitas Cahaya Jarak 5,5 mtr (Lux)	Intensitas Cahaya Jarak 8,5 mtr (Lux)
1	Lampu merkuri 1	9,51	9,6	6,86
2	Lampu merkuri 2	17,52	16,92	10,37
3	Lampu merkuri 3	0,39	-2,45	-6,68
4	Lampu merkuri 4	0,36	-3,19	-2,11
5	Lampu merkuri 5	4,91	2,81	1,38
6	Lampu merkuri 6	11,23	10,3	10,1
7	Lampu merkuri 7	2,23	-0,34	-0,26
No	Nama Lampu	Intensitas Cahaya Jarak 3,5 mtr (Lux)	Intensitas Cahaya Jarak 5,5 mtr (Lux)	Intensitas Cahaya Jarak 8,5 mtr (Lux)
8	Lampu merkuri 8	11,44	10,59	9,91
9	Lampu merkuri 9	0,98	-6,68	-0,26
10	Lampu merkuri 10	5,68	-2,90	-2,45
11	Lampu merkuri 11	0,16	0,61	0,67
12	Lampu merkuri 12	2,67	-0,76	-0,55
13	Lampu merkuri 13	0,19	0,12	-3,45
14	Lampu merkuri 14	9,02	8,75	8,31

15	Lampu merkuri 15	0,39	0,22	-2,12
16	Lampu merkuri 16	0,76	-0,21	-0,19
17	Lampu merkuri 17	3,87	-2,11	-0,25
18	Lampu merkuri 18	3,53	-4,32	-1,12
19	Lampu merkuri 19	12,51	8,71	7,91
20	Lampu merkuri 20	-1,05	-1,59	-3,22
21	Lampu merkuri 21	0,04	-1,19	-3,71
RATA-RATA		4,58	1,58	1,27

Dari tabel hasil pengukuran intensitas cahaya diatas dapat dilihat bahwa lampu merkuri yang terpasang belum memnuhi SNI, yang mengharuskan intensitas cahaya rata – rata pada jalan arteri sebesar 11-20 lux.

4.2.2 Spesifikasi Lampu LED 150 watt, 180 watt, 200 watt

Dikarenakan lampu yang terpasang di jalan *by pass* ida bagus mantra saat ini adalah lampu merkuri florecent 250w dengan ballast, dan intensitas cahaya yang tidak memenuhi sni sehingga dibutuhkan lampu pengganti yang dapat memenuhi standar SNI yang berlaku. Berikut adalah spesifikasi lampu LED pengganti yang digunakan :

1. Nama: Philips LED AC Series 150W
Tegangan: 220 Volt
Warna: Warm White 3000 K
Efikasi: 120 lm/w
Usia Teknis: 50.000 Jam
Harga: 2.500.000
Garansi: 2 tahun
2. Nama: Philips LED AC Series 180W
Tegangan: 220 Volt
Warna: Warm White 3000 K
Efikasi: 120 lm/w
Usia Teknis: 50.000 Jam
Harga: 2.650.000
Garansi: 2 tahun
3. Nama: Philips LED AC Series 200W
Tegangan: 220 Volt
Warna: Warm White 3000 K
Efikasi: 120 lm/w
Usia Teknis: 50.000 Jam
Harga: 2.750.000
Garansi : 2 tahun

4.3 PERHITUNGAN

4.3.1 Perhitungan Pencahayaan Lampu LED

Berdasarkan data spesifikasi ketiga lampu LED diatas, lampu LED 150 watt memiliki efikasi sebesar 120 lm/w, maka dapat menghitung Fluks cahaya dengan persamaan 2:

Dengan

$$\phi = K \times P = 120 \times 150 = 18.000 \text{ Lumen}$$

- Menghitung intensitas cahaya (I) sesuai dengan persamaan nomor 6:

$$\text{Dengan } I = \frac{\phi}{\omega} = \frac{18000}{4 \times 3,14} = \frac{18000}{12,56} = 1433,12 \text{ Cd}$$

- Menghitung jarak pada titik ujung jalan (r) dengan persamaan, untuk bisa Mengetahui iluminasi (E) sesuai persamaan 3 :

$$\text{Dengan } r = \sqrt{h^2 + w^2} = \sqrt{9^2 + 6^2} = 10,81\text{m}$$

Sehingga

$$E_r = \frac{I}{r^2} \cos \theta = \frac{1433,12}{10,81^2} \times \frac{9}{10,81} = \frac{1433,12}{117} \times 0,83 = 10,17 \text{ lux}$$

- Menghitung Luminasi (L) sesuai persamaan 5 :

$$L = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cos \theta} = \frac{1433,12}{1219,7} = 10,17 \text{ cd/m}^2$$

TABEL 5. Hasil perhitungan fomulasi penerangan lampu LED 150 W, 180W, 200 W

SATUAN PENERANGAN	LED 150 W	LED 180 W	LED 200 W	SATUAN
FLUX CAHAYA	18.000	21.600	24.000	Lumen
INTENSITAS CAHAYA	1.433,12	1.719,75	1.910,83	Candela
ILUMINASI	10,17	12,2	13,56	Lux
LUMINASI	1,18	1,41	1,57	Cd/m ²
EFIKASI	120	120	120	Lm/w

4.3.2 Perhitungan Energi Listrik Dan Tarif Listrik

Penggunaan energi listrik untuk penerangan jalan tergantung pada penggunaan

lampu yang dipasang. Pengukuran energi listrik dan tarif listrik dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.11 dan 2.13 ssebagai berikut :

- Penggunaan Energi listrik Lampu LED 150 Watt
- $P_{hari} = P_t \times t = 3450 \times 12 = 41.400 : 1000 = 41,1 \text{ kWh}$
- $P_{bulan} = kWh \times x = 41,1 \times 30 = 1.233 \text{ kWh}$
- Tarif listrik perbulan = $1233 \times 1467,28 = \text{Rp.1.801.758,24}$

Tabel 6. Hasil perhitungan energi listrik dan tarif listril pada lampu LED 150 W, 180W, 200 W

SATUAN LISTRIK	LED 150 (WATT)	LED 180 (WATT)	LED 200 (WATT)
ENERGI LISTRIK PER-BULAN (kWh)	1.233	1.490,4	1.656
TARIF LISTRK PER-BULAN (Rp)	1.801.758,24	2.186.834,112	2.429.815,68

4.3.3 Perhitungan Total Harmonic Distortion (THD) Arus Lampu Terpasang dan Lampu Pengganti

Untuk mencari THD lampu yang terpasang maka perlu mengetahui arus pada lampu yang terpasang dengan daya 250 watt, maka arusnya adalah

$$I = \frac{P}{V \times \text{Cos}\theta} = \frac{250}{220 \times 0,85} = 1,3 \text{ A}$$

Maka dapat dicari THD Arus nya,

$$\text{THD Arus} = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 \dots + I_n^2}}{I_{total}} = \frac{\sqrt{1,3^2 \times 21}}{27,3} = 1,1 \text{ A}$$

$$\text{THD Arus (\%)} = \frac{27,3}{1,1} \times 100\% = 4\%$$

Setelah ditentukan asus mada dapat dicari THD arus lampu yang terpasang sebanyak 21 titik lampu. Berikut adalah perhitungan THD lampu terpasang:

Tabel 4.4 Hasil perhitungan THD Arus pada lampu terpasang dan LED 150 W, 180W, 200 W

NO	SATUAN LISTRIK	LED 150 WATT	LED 180 WATT	LED 200 WATT	Mercury
1	Arus	0,8 A	0,96 A	1,06	1,3 A
2	THD Arus	0,8 A	0,96 A	1,04 A	1,1 A
3	THD Arus (%)	4,76 %	4,5 %	4,6 %	4 %

Dari perhitungan diatas maka didapat THD arus lampu terpasang sebesar 1,1 A dengan persentase THD sebesar 4%. Hal tersebut masih memenuhi standar persentase harmonisa yang harus memenuhi nilai dibawah 5%.

4.4 Analisis Ekonomi

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dihitung biaya investasi merupakan biaya pengadaan APJ belum termasuk biaya operasional dan perawatan. Harga dari semua komponen dijumlahkan kemudian didapat biaya investasi per titik tiang lampu. Penjabaran harga-harga yang digunakan dapat dilihat pada tabel 7 Biaya investasi pengadaan lampu LED.

Tabel 7. Biaya investasi pengadaan lampu LED

JENIS LAMPU	JUMLAH	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
LED 150 W	21	2.500.000	52.500.000
LED 180 W	21	2.650.000	55.650.000
LED 200 W	21	2.750.000	57.750.000

Permisalan biaya pembersihan rabasan pohon dan pengecekan komponen rumah lampu dilakukan setiap 4 bulan sekali berkisar Rp 10.000,00 untuk setiap titik lampu. Maka biaya yang dikeluarkan untuk 21 titik lampu pada tahun pertamabelum termasuk time value of money selama 1 tahun yaitu sebesar Rp 630.000,00.

Biaya perawatan merupakan biaya penggantian komponen akibat kerusakan. Untuk mempermudah dan mengakumulasi biaya yang harus terkumpul setiap tahunnya, maka harga masing-masing komponen dibagi dengan *lifetime* setiap komponen kemudian dijumlahkan

Tabel 8. Biaya perawatan per-tahun lampu LED

JENIS LAMPU	LIFETIME	HARGA KOMPONEN (Rp)	DEPOSIT PER-TAHUN (Rp)
LED 150 W	10 TAHUN	52.500.000	5.250.000

LED 180 W	10 TAHUN	55.650.000	5.565.000
LED 200 W	10 TAHUN	57.750.000	5.775.000

4.5 Membandingkan LED dengan SNI 2008

Dari segi ketentuan dan kesesuaian yang mana disini mengacu kepada SNI 2008, menyatakan lampu penerangan jalan umum harus memiliki tingkat kuat pencahayaan rata-rata 11- 20 Lux dan lampu penerangan jalan jenis LED memenuhi standar SNI 2008.

Tabel 9. Perbandingan intensitas cahaya antara SNI 2008 dengan Dialux

N O	JENIS LAMPU	HASIL PERHITUNGAN	Dialux	SNI 2008
1	LED 150 W	10,17	10,00	11-20
2	LED 180 W	12,2	13,20	
3	LED 200 W	13,56	14,4	

Tabel 9. diatas menunjukkan bahwa perhitungan intensitas cahaya dan simulasi dialux lampu LED 150 watt tidak memenuhi standar SNI 2008. Selanjutnya perhitungan intensitas cahaya dan simulasi dialux lampu LED 180 watt dan lampu LED 200 watt menghasilkan iluminas yang sesuai sengan SNI 2008.

Sedangkan lampu LED 180 watt dan lampu LED 200 watt menghasilkan iluminas yang sesuai sengan SNI 2008.

4.6 Membandingkan LED

Dari hasil perhitungan dan setelah membandingkan dengan SNI 2008 diatas dapat kita bandingkan dari segi teknis dan ekonomi dari lampu Merkuri 250 watt, LED 180 watt dan LED 200 watt sehingga didapatkan perbandingan seperti pada tabel 10 Perbandingan Merkuri 250 watt, LED 180 watt dan LED 200 watt sebagai berikut :

Tabel 10. Perbandingan Merkuri 250 watt, LED 180 watt dan LED 200 watt

SITEM LPJU	SATUAN	Merkuri 250 w	LED 180 W	LED 200 W
Jumlah Lampu	Buah	23	23	23
Luminasi	Lux	8,48	12,2	13,56
Efikasi	Lm/w	60	120	120
Konsumsi Daya Per Lampu	Watt	250	180	200

Penggunaan Lampu dalam setahun (12 x 365 hari)	Jam	4.380	4.380	4.380
Konsumsi Energi per Tahun	kWh	1.095	788,4	876
Penghematan Energi Per tahun	kWh	-	306,6	219
Tarif Listrik	Rp/kWh	1.467,28	1.467,28	1.467,28
Biaya Konsumsi Per Tahun	Rp	36.953.446,8	26.606.481,7	29.562.757,44
Penghematan per Tahun	Rp		10.346.965,1	7.390.689,36
Penghematan %	-	-	28%	20%

Hasil perbandingan yang ditunjukkan di tabel, bahwa dengan mengganti lampu penerangan jalan dari jenis merkuri ke lampu penerangan jalan jenis LED maka akan terjadi penghematan sebesar 28% jika menggunakan LED 180 watt dan jika menggunakan LED 200 watt terjadi penghematan 20% dari konsumsi energi yang sekarang. Maka dari itu untuk menekan biaya investasi, dan biaya perawatan dipilih LED 180 watt untuk digunakan sebagai pengganti merkuri karena lampu LED 180 watt sudah memenuhi SNI 2008.

5. PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari pembahasan diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan kesesuaian dan ketentuan yang mengacu kepada SNI 2008, lampu merkuri 250 watt tidak memenuhi Iluminasi rata-rata karena hanya menghasilkan 8,64 lux dari hasil pengukuran dilapangan dan, 8,48 lux dari hasil perhitungan. Karena Iluminasi rata – rata yang tercantum di SNI 2008 yaitu sebesar 11 – 20 lux.
2. Dengan mengganti lampu merkuri 250 watt ke lampu LED 180 watt merupakan tindakan yang dapat menhemat energi sebesar 28% per- tahunnya dengan memiliki Iluminasi rata-rata sebesar 12,2 Lux yang sudah memenuhi SNI 2008.
3. Dari hasil perhitungan THD Arus lampu pengganti yang cocok digunakan adalah lampu LED 180 watt yang masih

memenuhi standar nilai dibawah 5% dengan persentase harmonisa paling kecil.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Departemen Pekerjaan Umum (2008) 'Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan (Standar Nasional Indonesia 7391 :2008)', *Badan Standardisasi Nasional (BSN) Sni 7391:2008*, pp. 1–52.
- [2]. Karmiathi, NM. Kumara, INS. Ariastina, WG. Gunarta, IW. (2018) 'Analisis Tekno-ekonomi Penerangan Tenaga Surya Tol Bali di atas air laut', *Jurnal Telkomnika*. Universitas Ahmad Dahlan, 16(5), pp. 2342-2354
- [3]. Pringaton, S. (2011) 'Analisis komparasi pemilihan lampu penerangan jalan tol', *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Unuversitas Muhammadiyah Semarang*, 4(1), p. 30.
- [4]. Palaloi, S. (2015b) 'Penguujian Dan Analisis Umur Pakai Lampu Light Emitting Diode (LED) Swabalast Untuk Pencahayaan Umum', *Jurnal Energi dan Lingkungan (Enerlink) ,Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)*, 11(1), pp. 17–22. doi: 10.29122/elk.v11i1.1586.
- [5]. Muhaimin (2001) *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama. Available at: [http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624 .pdf](http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf).
- [6]. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2018 Tentang Alat Penerangan Jalan Lam-1 Hal 6-7.
- [7]. Palaloi, S. (2018) 'Penguujian Dan Analisis Kinerja Lampu TI LED Untuk Pencahayaan Umum', *Jurnal Standardisasi*, 20(1), p. 77. doi: 10.31153/js.v20i1.680.
- [8]. Peraturan Menti Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Nomor 3. *Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT PLN*. Kementrian ESDM. 2020
- [9]. Yoga Istiono, 2017. Analisa Harmonisa Akibat Penggunaan Lampu LED. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Surabaya*
- [10]. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 27 Tahun 2018 Tentang Alat Penerangan Jalan
- [11]. Erna Kusuma Wati, 2020. Penggunaan *Software* Optimasi Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Fisika Bangunan. *Jurnal Teknik Arsitektur Universitas Nasional*