

STUDI PENGGUNAAN LAMPU LED UNTUK EFISIENSI PADA PENCAHAYAAN JALAN LAYANG RE MARTADINATA

Ir.Setia Gunawan, M.Sc

¹Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
setiagunawan55@yahoo.com

ABSTRAK

Penerangan jalan umum merupakan fasilitas vital yang dibutuhkan sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan, meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, mendukung keamanan lingkungan dan memberikan keindahan lingkungan jalan pada malam hari. Penerangan jalan umum juga diperlukan untuk menunjang aktifitas perekonomian dan mobilitas masyarakat di malam hari. Perkembangan lampu untuk penerangan jalan umum di dunia tergolong pesat. Produsen lampu penerangan jalan umum gencar menawarkan inovasi *LED Street Lighting* yang merupakan terobosan baru alternatif penerangan jalan umum berbasis *LED (Light Emitting Diode)* yang hemat energi dan ramah lingkungan. Oleh karena itu Jalan layang di sepanjang jalur RE MARTADINATA telah menggunakan lampu LED sesuai dengan kebutuhan penerangan di sepanjang jalan tersebut

Kata Kunci: LED, Diode, jalan, navigasi

ABSTRACT

Street lighting is a vital facilities needed as a navigation aid road users, improve the safety and comfort of road users, supporting environmental security and provide environmental beauty of the road at night. Street lighting is also needed to support economic activity and mobility of citizens in the evenings. The development of lamps for street lighting in the world relatively rapidly. Street lighting lamp manufacturer incentive to offer innovative LED Street Lighting which is a new breakthrough alternative street lighting based on LED (Light Emitting Diode) that is energy efficient and environmentally friendly. Therefore Street overpass along the RE MARTADINATA has been using LED lights according to the needs of lighting along the road

Kata Kunci: *LED, Diode, Street, navigasi*

Tanggal Terima Naskah :

Tanggal Persetujuan Naskah :

1. PENDAHULUAN

Jakarta sebagai ibukota negara memberi perhatian lebih pada kelestarian lingkungan untuk menghemat energi, mengurangi polusi, pemanasan global, dan sebagainya. Salah satunya adalah seperti yang dilakukan Pem-Prov DKI Jakarta dengan mengganti sejumlah lampu penerangan jalan umum (PJU) dengan lampu hemat energi, bahkan akan menggunakan lampu hemat energi tersebut untuk penerangan jalan layang saat ini masih terus dibangun sebagai usaha untuk mengurangi emisi gas buang sebesar 30% pada tahun 2030 [1] Lampu hemat energi yang dimaksud merupakan jenis LED (light emitting diode)

Untuk lampu PJU yang sudah terpasang saat ini di sejumlah ruas jalan protokol, provinsi dan pemukiman, juga terus dilakukan

perawatan dan penggantian. lampu yang masih boros listrik secara bertahap juga diganti menjadi lampu LED hemat energi. Kapasitas lampu PJU lama menggunakan jenis lampu natrium berkapasitas 400 watts sedangkan LED hanya berkapasitas 200 watt Penghematan energi ini sudah diatur dalam Instruksi Presiden nomor 13 tahun 2011 tentang Penghematan energi dilingkungan Pem-Prov DKI Jakarta serta Instruksi Gubernur Nomor 23 Tahun 2008 tentang Penghematan Energi dan Air [1]

2. LANDASAN TEORI

Cahaya adalah energi yang dipancarkan pada panjang gelombang (380-780) nm. Cahaya tampak adalah gelombang electromagnet yang mempunyai panjang 380 nm sampai 780 nm dan dapat dilihat oleh manusia. Contohnya adalah cahaya matahari. Sedangkan cahaya tidak tampak adalah gelombang electromagnet yang mempunyai panjang dibawah 380 nm. Contohnya adalah X rays, β rays, α rays,

2.1 Besaran Pokok Pencahayaan

2.1.1 Luminansi(Luminance).

Luminansi (L) merupakan besaran yang berkaitan erat dengan kuat penerangan (E),Luminansi adalah pernyataan kuantitatif jumlah cahaya yang dipantulkan oleh permukaan pada suatu arah. Luminansi suatu permukaan ditentukan oleh kuat penerangan dan kemampuan memantulkan cahaya oleh permukaan. $L = \frac{I}{A}$ (cd/m²)

Dimana :

L = Luminasi (cd/m²)

I = Intensitas (cd)

A = Luas semua permukaan (m²)

2.1.2 Arus Cahaya (Luminous flux)

Arus cahaya atau Luminous flux (Φ) didefinisikan sebagai jumlah total cahaya yan dipancarkan oleh sumber cahaya setiap detik. Sedangkan aliran rata-rata energi cahaya adalah arus cahaya atau fluks cahaya. *Luminous flux* dapat juga didefinisikan sebagai radiasi energi cahaya yang keluar per detik dari bodi dalam bentuk *luminous light wave*. Satuan luminous flux adalah lumen. Dan didefinisikan sebagai flux yang terbawa pada solid angle dari sumber satu candela atau standart candela. 1 lumen = 0.0016 watt (pendekatan). Besarnya arus cahaya dapat kita tulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Dimana :

Φ = Arus cahaya (lumen)

Q = Energi cahaya (lumen. detik)

t = Waktu (detik)

2.1.3 Intensitas Cahaya (Luminous Intensity)

Intensitas cahaya (I) atau luminous intensity dengan satuan kandela (cd) adalah arus cahaya dalam lumen yang diemisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) oleh sebuah sumber cahaya. intensitas cahaya diukur pada temperature platina. Intensitas cahaya (I) dapat dinyatakan sebagai

perbandingan diferensial arus cahaya (lm) dengan diferensial sudut ruang (sr), yaitu: $I = \frac{d\Phi}{d\omega}$ lm/sr (cd)

Dimana:

I = Intensitas cahaya (cd)

$\frac{d\Phi}{d\omega}$ = sudut ruang (lumen/sr)

Intensitas cahaya 1 cd mengeluarkan arus cahaya (Φ) sebesar 1 lm di udara. Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan suatu sumber cahaya adalah tetap, baik dipancarkan secara terpusat maupun menyebar.

2.1.4 Kuat Pencahayaan (Illuminance)

Kuat Pencahayaan atau kecemerlangan cahaya adalah pernyataan kuantitatif untuk arus cahaya yang menimpa atau sampai pada permukaan bidang. Kuat pencahayaan disebut pula tingkat pencahayaan atau intensitas pencahayaan merupakan perbandingan antara flux cahaya (F) dengan luas permukaan (A) yang mendapat

sumber cahaya. Satuannya : Lux atau Lumen/m².

$E = \frac{F}{A}$ lux

Dimana :

E = Kuat pencahayaan (lux)

F = Arus cahaya (lumen)

A = luas permukaan bidang (m²)

2.1.5 Rekomendasi Pencahayaan Jalan

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminansi. Meskipun demikian lebih mudah menggunakan metoda iluminansi, karena dapat diukur langsung di permukaan jalan dengan menggunakan alat pengukur kuat cahaya. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis/klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada table dibawah ini

Tabel 2.9 Rekomendasi pencahayaan jalan

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Illuminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata rata (lux)	Kemerataan gl	L rata- rata (cd/m ²)	Kemerataan		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	I- 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal :							
Primer	2_ 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Sekunder	2_ 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan kolektor :							
Primer	2_ 5	0,14	1,00	0,40	0,50	4_ 5	20
Sekunder	2_ 5	0,14	1,00	0,40	0,50	4_ 5	20
Jalan arteri :							
Primer	11_ 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5_ 6	10_ 20

Sekunder	11_20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5_6	10_20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15_20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5_6	10_20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20_25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

(Spesifikasi penerangan jalan SNI no.7391 tahun 2008)

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

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Metodologi penelitian merupakan tahapan sistematis atau urutan-urutan proses yang dibuat dalam melakukan sebuah penelitian untuk membantu mencari penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan penelitian terhadap studi lampu pencahayaan jalan dengan lampu LED untuk memenuhi standar teknis, penelitian ini diambil dari jalan layang RE Martadinata yang berlangsung pada bulan januari tahun 2015

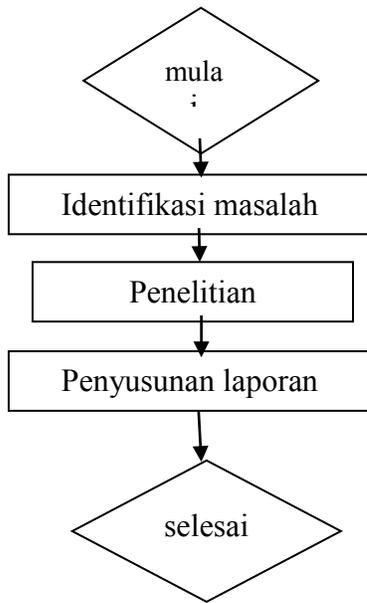
3.2 Metodologi perolehan data

Dalam memperoleh data-data yang diperlukan dalam metodologi penelitian yang digunakan antara lain adalah dengan melakukan studi pustaka, mengumpulkan bahan-bahan bacaan seperti buku, jurnal dan data-data dari Dinas Perindustrian dan Energi DKI Jakarta serta diskusi dengan orang-orang yang memang berkecimpung langsung dengan pencahayaan jalan, juga literatur-literatur yang berkaitan dengan materi tulisan ini di internet.

3.3 Tahapan percobaan

Untuk tahapan percobaan ini dilakukan dengan menggunakan alat untuk mengukur tingkat kekuatan atau intensitas. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari rangka, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya. Dari data yang diperoleh secara langsung dilokasi penelitian kemudian diolah dan disandingkan dengan data yang diperoleh dari sumber lain

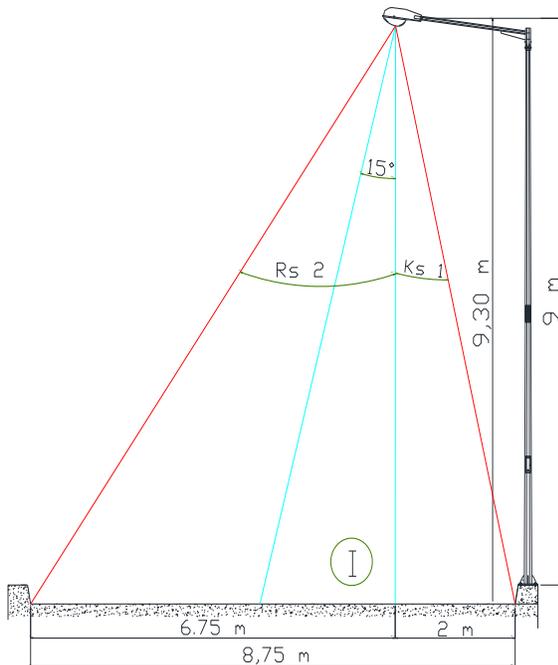
3.4 Digram alir penelitian



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Pencahayaan

Lampu LED 200 W, Sudut inklinalasi 15°, tinggi lampu= 9 mtr, Efikasi = 90 lumen/W, Faktor Perawatan 60 % , Faktor Refleksi q = 0,08. Maka untuk menentukan kuat pencahayaan rata-rata dan luminansi rata-rata adalah :



$$\begin{aligned}
 \eta &= \eta_{rs} + \eta_{ks} \\
 &= \eta_{rs}(0 - 6,75\text{m}) + \eta_{ks}(0 - 2\text{m}) \\
 &= \eta_{rs}\left(0 - \frac{6,75}{9}h\right) + \eta_{ks}\left(0 - \frac{2}{9}h\right) \\
 &= \eta_{rs}(0 - 0,75) + \eta_{ks}(0 - 0,22) \\
 &= 30\% + 10\% = 40\% \\
 \phi L_p &= 200 \text{ watt} \cdot 90 \frac{\text{lumen}}{\text{watt}} \\
 &= 18000 \text{ lumen}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{rata2}} &= \frac{40\% \cdot 18000 \cdot 60\%}{8,75 \cdot 30} \\
 &= 16,5 \text{ lux}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{rata2}} &= E_{\text{rata2}} \cdot q \\
 &= 16,5 \cdot 0,08 = 1,316 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

Gambar 4.1 Tiang lampu jalan kasablanka

Jadi jika di lihat pada tabel rekomendasi pencahayaan untuk jenis jalan layang maka hasil yang diperoleh belum memenuhi standar pencahayaan SNI no:7391

4.2 Perhitungan jumlah titik lampu

Untuk menentukan perhitungan titik lampu yang diperlukan adalah sebagai berikut :

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

dimana :

T : jumlah titik lampu, L: panjang jalan (m) S : jarak tiang ke tiang (m)

Tabel 4.1 Panjang jalan & Titik lampu

No	Sumber Gardu	Panel Pembagi	Jumlah Tiang	Jarak Tiang(m)	Panjang Jalan(m)	Titik Lampu
1	KB 254	PP 1 PP 2 PP 3	12 cabang 1	30	30 x 35 = 1050	1050/30= 35 + 11=46
			12 cabang 1			
			11 cabang 2			
			35 tiang			
2	KB 179	PP 1 PP 2 PP 3 PP 4	12 cabang 1	30	30 x 48 = 1440	1440/30= 48
			12 cabang 1			
			12 cabang 1			
			12 cabang 1			
			48 tiang			
3	KB 78	PP 1 PP 2 PP 2 PP 3 PP 4	12 cabang 1	30	30 x 41 = 1230	1230/30= 41
			5 cabang 1			
			7 cabang 1			
			5 cabang 1			
			12 cabang 1			
			41 tiang			
4	KB 36 G	PP 1 PP 2	9 cabang 2	30	30 x 18 = 540	540/30= 18+18= 36
			9 cabang 2			
			18 tiang			
5	KB 124	PP	9 cabang 2	30	30 x 9 = 270	270/30= 9+9=18

Dengan pemasangan lampu penerangan jalan LED 200 W maka diperoleh daya listrik sebagai berikut :

$$1.KB.254 = \text{jumlah titik lampu} \times \text{daya lampu}$$

$$= 46 \text{ buah lampu} \times 200 \text{ W} = 9200 \text{ W}$$

$$= 46 \text{ buah lampu} \times 250 \text{ W} = 11500 \text{ W (lampu sodium son)}$$

2.KB.179 = jumlah titik lampu x daya lampu

$$= 48 \text{ buah lampu} \times 200 \text{ W} = 9600 \text{ W}$$

$$= 48 \text{ buah lampu} \times 250 \text{ W} = 12000 \text{ W (lampu sodium son)}$$

3.KB.78 = jumlah titik lampu x daya lampu

$$= 41 \text{ buah lampu} \times 200 \text{ W} = 8200 \text{ W}$$

$$= 41 \text{ buah lampu} \times 250 \text{ W} = 10250 \text{ W (lampu sodium son)}$$

4.KB.36G= jumlah titik lampu x daya lampu

$$= 36 \text{ buah lampu} \times 200 \text{ W} = 7200 \text{ W}$$

$$= 36 \text{ buah lampu} \times 250 \text{ W} = 9000 \text{ W (lampu sodium son)}$$

5.KB.124= jumlah titik lampu x daya lampu

$$= 18 \text{ buah lampu} \times 200 \text{ W} = 3600 \text{ W}$$

$$= 18 \text{ buah lampu} \times 250 \text{ W} = 4500 \text{ W (lampu sodium son)}$$

Maka untuk pemasangan titik lampu penerangan jalan lampu LED lebih baik dari pada lampu sodium son

4.3. Jatuh Tegangan

Untuk menentukan jatuh tegangan pada arus bolak-balik 3 fase adalah:

$$\Delta v = \frac{1,73 \times L \times I \times \text{Cos}\phi}{\rho \times q} \text{ volt atau } = \frac{\Delta v}{V} \times 100 \%$$

1. Sumber Gardu KB 254

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 1 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 175 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 7,785 \text{ volt} \\ &= \frac{7,785}{380} \times 100 \% = 2,0 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 1 adalah 7,785 volt atau 2,0 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 2 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 186 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 8,274 \text{ volt} \\ &= \frac{8,274}{380} \times 100 \% = 2,17 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 2 adalah 8,274 volt atau 2,17 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 3 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 211 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 9,386 \text{ volt} \\ &= \frac{9,386}{380} \times 100 \% = 2,47 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 3 adalah 9,386 volt atau 2,47 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

2. Sumber Gardu KB 179

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 1 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 187 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 8,318 \text{ volt} \\ &= \frac{8,318}{380} \times 100 \% = 2,18 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 1 adalah 8,318 volt atau 2,18 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 2 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 260 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 11,56 \text{ volt} \\ &= \frac{11,56}{380} \times 100 \% = 3,04 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 2 adalah 11,56 volt atau 3,04 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 3 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 260 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 11,56 \text{ volt} \\ &= \frac{11,56}{380} \times 100 \% = 3,04 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 3 adalah 11,56 volt atau 3,04 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 4 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 188 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 8,363 \text{ volt} \\ &= \frac{8,363}{380} \times 100 \% = 2,20 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 4 adalah 8,363 volt atau 2,20 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

4. Sumber Gardu KB 78

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 1 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 157 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 6,984 \text{ volt} \\ &= \frac{6,984}{380} \times 100 \% = 1,83 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 1 adalah 6,984 volt atau 1,83 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 2 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 129 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 5,738 \text{ volt} \\ &= \frac{5,738}{380} \times 100 \% = 1,51 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 2 adalah 5,738 volt atau 1,51 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 3 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 137 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 6,094 \text{ volt} \\ &= \frac{6,094}{380} \times 100 \% = 1,60 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 3 adalah 6,094 volt atau 1,60 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 4 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 163 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 7,429 \text{ volt} \\ &= \frac{7,429}{380} \times 100 \% = 1,95 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 4 adalah 7,429 volt atau 1,95 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

5. Sumber Gardu KB 36 G

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 1 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 116 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 5,160 \text{ volt} \\ &= \frac{5,160}{380} \times 100 \% = 1,36 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 1 adalah 5,160 volt atau 1,36 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 2 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 202 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 8,98 \text{ volt} \\ &= \frac{8,98}{380} \times 100 \% = 2,36 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 2 adalah 8,98 volt atau 2,36 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

5. Sumber Gardu KB 124

$$\begin{aligned} \text{PHB PP 1 } \Delta v &= \frac{1,73 \times 107 \times 63 \times 0,8}{56 \times 35} = 4,759 \text{ volt} \\ &= \frac{4,759}{380} \times 100 \% = 1,25 \% \end{aligned}$$

Jadi nilai jatuh tegangan pada PHB PP 1 adalah 4,759 volt atau 1,25 % sudah memenuhi standar PUIL 2011 dengan persentasi 2 % sampai dengan 5%

Jadi dari hasil keseluruhan dapat di simpulkan bahwa telah terjadi penghematan konsumsi daya listrik sebesar 2 % sampai dengan 5%

4. KESIMPULAN & SARAN

4.1 Kesimpulann

Jadi berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kualitas pencahayaan masih belum memenuhi rekomendasi pencahayaan jalan yang sesuai dengan SNI no 7391 tahun 2008 spesifikasi penerangan jalan
2. Instalasi listrik pencahayaan jalan telah memenuhi PUIL 2011 dengan jatuh tegangan 2 % sampai dengan 5 %
3. Dengan menggunakan lampu LED 200 W dapat dilakukan penghematan beban dayanya dibandingkan lampu Sodium (son) 250 W
4. Dengan menggunakan lampu LED tidak lagi terdapat limbah gas natrium dari lampu sodium son dan sodium sox

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar rekomendasi pencahayaan jalan sesuai dengan SNI no 7391 tahun 2008.
2. Perencanaan ini dapat digunakan oleh pemerintah pada daerah wilayah Jakarta selatan sebagai rekomendasi instalasi listrik pencahayaan jalan yang sesuai dengan PUIL 2011 Penggunaan lampu LED daripada lampu Sodium (son) pada pencahayaan jalan adalah guna menghemat biaya energi listrik. Namun penggantian ini diperklukan biaya investasi awal yang sangat besar, tetapi akan berpengaruh pada jangka panjang
3. Hendaknya pemerintah terus berupaya menggunakan lampu LED agar dapat melestarikan lingkungan

5. REFERENSI

- [1] Berita Jakarta.com
- [2] Illumination Engineering, Ronald N. 1977
- [3] Light Measurement Handbook, Alex Ryer 1998
- [4] Philips Lighting, Edisi ke lima 1993

- [5] PUIL 2011 SNI 040225-2011
- [6] Dinas Perindustrian & Energi Provinsi DKI Jakarta
- [7] SNI 7391:2008 Spesifikasi penerangan jalan
- [8] Teknik pemanfaatan tenaga listrik, jilid 1 Prih sumardjati
- [9] Teknik Pencahayaan, Ir. S Gunawan, MSc Jakarta 2008
- [10] [www. Tiang lampu PJU.com](http://www.TianglampuPJU.com)
- [11] www.academia.edu. Jenis-jenis lampu
- [12] www.philips.com/lighting