

ANALISIS KOMPARASI PEMILIHAN LAMPU PENERANGAN JALAN TOL

Sri Pringatun¹⁾, Karnoto²⁾, M. Toni Prasetyo³⁾

^{1,3)}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

²⁾Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Street lighting is an integral part of the highway construction. The main purpose of highway lighting is to produce the speed, accuracy, and comfort of vision at night time, keep the quality of visibility, and makes it easier for passing vehicles. Highway lighting function other than to enhance rider safety and comfort, especially in anticipation of situations traveling at night also for environmental safety or to prevent crime and to provide comfort and beauty of the surroundings.

This research activity begins with the collection of data on the kind of - kind of street lighting, lighting as well as the formulation of data - other data you need, and then do the calculation and analysis of the data - the data obtained. The results that the lights SON - T 150 W at 19:43 lux illumination values and SON lamps - T 250 W value of 36.27 lux illumination, the total power of 19,050 W, PLN subscription fee of Rp. 25,575,000.00, electric bill per month USD. 6,069,330.00, the investment cost of Rp. 196,567,800.00.

By using the method of comparative analysis it can be concluded that the selection of lamps SON - T as highway lighting Semarang - Semarang Solo Ruas Phase I - Section I Bawen Tembalang - Gedawang is the best.

Keywords: highway lighting lamps, SON - T, Comparison.

1. PENDAHULUAN

Lampu Penerangan jalan tol merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari adanya pembangunan jalan tol. Tujuan utama dari penerangan jalan tol adalah untuk menghasilkan kecepatan, keakuratan, dan kenyamanan penglihatan di waktu malam hari, menjaga kualitas jarak pandang, serta memudahkan bagi kendaraan yang melintas. Fungsi penerangan jalan tol selain untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara, khususnya

untuk mengantisipasi situasi perjalanan pada malam hari juga untuk keamanan lingkungan atau mencegah kriminalitas serta untuk memberikan kenyamanan dan keindahan lingkungan jalan.

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.

Setelah inovasi *LED Street Lighting* kemudian juga diperkenalkan inovasi *LVD Street Lighting* yaitu lampu induksi yang revolusioner, sekarang sedang ramai dibicarakan di dunia. Lampu ini merupakan perkembangan dari teknologi yang sudah lama sekali ditemukan oleh **Hittorf** tahun 1884, yang kemudian disempurnakan oleh **J.J. Thomson**.

Untuk itu diperlukan suatu kajian dan evaluasi pada saat pemilihan lampu penerangan jalan tol agar memperoleh hasil akhir yang optimal dan efisien dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan estetika lingkungan, maka penulis mengangkat judul “Analisis Komparasi Pemilihan Lampu Penerangan Jalan Tol Semarang – Solo Tahap I Ruas Semarang – Bawen Seksi I Tembalang – Gedawang”.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas lampu penerangan jalan tol Semarang – Solo Tahap I Ruas Semarang – Bawen Seksi I Tembalang – Gedawang yang sudah terpasang.

Metode yang dilakukan dengan komparasi karakteristik beberapa jenis lampu penerangan jalan yaitu terkait dengan :

1. Intensitas cahaya, kuat penerangan (Iluminasi), luminasi, efikasi cahaya dan pupil luminous fluks.

2. Biaya investasi, biaya langganan dan biaya rekening listrik per bulan yang dikonsumsi antara beberapa jenis lampu penerangan jalan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Standar Perencanaan Penerangan Jalan

Perencanaan penerangan jalan terkait dengan hal – hal berikut ini :

- a. Volume lalu – lintas , baik kendaraan maupun lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dan lain – lain;
- b. Tipikal potongan melintang jalan, situasi (*lay-out*) jalan dan persimpangan jalan;
- c. Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dan lain – lain;
- d. Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan;
- e. Pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya / lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik;

- f. Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain – lain, agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis;
- g. Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya;
- h. Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.
Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut :
 - a. Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan;
 - b. Tempat-tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam;
 - c. Tempat yang luas seperti persimpangan, *interchange*, tempat parkir, dan lain – lain;
 - d. Jalan – jalan berpohon;
 - e. Jalan – jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median;
 - f. Jembatan sempit / panjang, jalan layang dan jalan bawah tanah (terowongan);

- g. Tempat – tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.

Menurut Muhaimin (2001), penentuan kualitas lampu penerangan jalan umum perlu mempertimbangkan 6 aspek yaitu :

- a. Kuat rata-rata penerangan ($E_{\text{rata-rata}}$)

Besarnya kuat penerangan didasarkan pada kecepatan maksimal yang diijinkan terhadap kendaraan yang melaluinya.

- b. Distribusi cahaya

Berkaitan dengan kerataan cahaya pada jalan raya. Untuk itu ditentukan faktor kerataan cahaya yang merupakan perbandingan kuat penerangan pada bagian tengah lintasan kendaraan dengan pada tepi jalan. Kerataan cahaya dapat diukur dengan rasio pemerataan pencahayaan (*uniformity ratio*) yang merupakan rasio maksimum antara pemerataan pencahayaan maksimum dan minimum menurut lokasi penempatan tertentu.

- c. Cahaya yang silau

Cahaya yang menyilaukan mata dapat menyebabkan kelelahan mata, perasaan tidak nyaman dan kemungkinan kecelakaan. Untuk mengurangi silau digunakan akrilik atau

gelas pada armature yang berfungsi sebagai filter cahaya.

d. Arah pancaran cahaya dan pembentukan bayangan

Sumber penerangan untuk jalan raya dipasang menyudut 5° - 15° .

e. Warna dan perubahan warna

Warna cahaya lampu pelepasan gas tekanan tinggi (khususnya lampu merkuri) berpengaruh terhadap warna tertentu, misalnya: warna merah.

f. Lingkungan

Lingkungan yang berkabut maupun berdebu mempunyai faktor absorpsi terhadap cahaya yang dipancarkan oleh lampu. Cahaya kuning kehijauan mempunyai panjang gelombang paling sensitif terhadap mata sehingga tepat digunakan pada daerah berkabut. Lampu HPS tepat untuk penerangan jalan pada daerah berkabut.

Sistem Penempatan Lampu

Penerangan Jalan

Sistem penempatan lampu penerangan jalan adalah susunan penempatan / penataan lampu yang satu terhadap lampu yang lain. Sistem penempatan ada 2 (dua) sistem, yaitu :

a. **Sistem Penempatan Menerus**

Sistem penempatan menerus adalah sistem penempatan lampu

penerangan jalan yang menerus / kontinyu di sepanjang jalan / jembatan.

b. **Sistem Penempatan Parsial (setempat)**

Sistem penempatan parsial adalah sistem penempatan lampu penerangan jalan pada suatu daerah – daerah tertentu atau pada suatu panjang jarak tertentu sesuai dengan keperluannya.

Kriteria Perencanaan, Kualitas

Penerangan dan Kriteria Penempatan

Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan penerangan yang merata, keamanan dan kenyamanan bagi pengendara, arah dan petunjuk (*guide*) yang jelas.

Tabel 1. Perbandingan Kemerataan Pencahayaan (*Uniformity Ratio*)

LOKASI PENEMPATAN	RATIO
- Jalur Lalu Lintas	
- di daerah pemukiman	6:1
- di daerah komersil / pusat kota	3:1
- Jalur PeJalan Kaki	
- di daerah pemukiman	10:1
- di daerah komersil I pusat kota	4:1
- Terowongan	4:1
- Tempat – tempat peristirahatan (rest area)	6:1

(SNI 7391:2008 hlm. 10)

Tabel 2. Sistem Penempatan Lampu Penerangan Jalan

JENIS JALAN / JEMBATAN	SISTEM PENERAPAN LAMPU YANG DIGUNAKAN

- Jalan Kolektor	sistem menerus dan parsial
- Jalan Arteri	sistem menerus dan parsial
- Jalan Lokal	sistem menerus dan parsial
- Persimpangan, Interchange, Ramp	sistem menerus
- Jembatan	sistem menerus
- Terowongan	sistem menerus bergradasi

Pada sistem penempatan parsial, lampu penerangan jalan harus memberikan adaptasi yang baik bagi penglihatan pengendara sehingga efek kesilauan dan ketidaknyamanan penglihatan dapat dikurangi.

Pemilihan jenis dan kualitas lampu penerangan jalan didasarkan efektifitas dan nilai ekonomi lampu, yaitu nilai efektifitas (lumen/watt) lampu yang tinggi umur rencana yang panjang

Jenis Lampu Penerangan Jalan

Lampu LVD (*Low Voltage Discharge*)

Lampu LVD memiliki tiga bagian utama, yaitu sebuah ballast dengan frekuensi tinggi, sebuah kumparan induksi, sebuah lampu.

Cahaya dihasilkan dari benturan elektron dari pelepasan dua elektroda yang mengenai lapisan / dinding *fluor* pada tabung lampu. Pada lampu induksi Elektroda yaitu anoda dan katoda dihilangkan. Pengganti untuk menggerakkan elektron digunakan medan magnet yang dihasilkan dari lilitan yang diinduksi listrik. Kalau listrik tidak mengalir lilitan maka tidak

ada induksi dan tidak ada medan magnet maka lampu tidak menyala. Tetapi apabila listrik mengalirinya lampu secara serta merta dengan instan menyala. Itulah prinsipnya yang dipakai pada lampu induksi. Itulah makanya jenis lampu ini disebut lampu *electrode – less*, atau lampu induksi.

LVD *Induction* sangat cocok digunakan untuk penghematan energi dan tempat yang tinggi yang susah dijangkau, seperti: lampu tinggi untuk pabrik, lampu sorot, [lampu penerangan jalan / PJU](#), terowongan, maupun lemari pendingin.

Lampu HPM (*High Pressure Mercury*)

Pada jenis lampu merkuri tekanan tinggi, pembatas arus pelepasan menggunakan ballast, karena itu faktor dayanya relatif rendah yaitu 0,5. Tabung dalam terbuat dari gelas keras sehingga mampu digunakan pada temperatur relatif tinggi (Muhaimin, 2001).

Cara kerja lampu merkuri terdiri dari 3 tahapan yaitu pengapian, proses pencapaian stabil dan stabil. Pada saat suplai tegangan diberikan terjadi medan listrik antara elektroda kerja awal dengan salah satu elektroda utama. Hal ini menyebabkan pelepasan muatan kedua elektroda dan memanaskan merkuri yang ada disekelilingnya. Untuk

menguapkan merkuri tersebut diperlukan waktu 4 hingga 8 menit. Setelah semua merkuri menjadi gas, resistansi elektroda kerja awal naik karena panas dan arus mengalir antar elektroda utama melalui gas. Warna kerja awal kemerahan dan setelah kerja normal sinar yang dihasilkan berwarna putih (Muhaimin,2001).

Kelemahan lampu HPM adalah semakin sering pensaklaran (*switching*) akan memperpendek umur lampu karena pada awal penyalaan terjadi panas yang melebihi normal (Muhaimin,2001). Contoh lampu HPL – N.

Lampu HPS (*High Pressure Sodium*)

Lampu HPS lebih kecil dan mengandung unsur tambahan seperti raksa, dan menghasilkan cahaya oranye kemerahjambuan. Beberapa bola lampu juga menghasilkan cahaya putih kebiruan. Ini mungkin dari cahaya raksa sebelum natrium menguap sempurna. Jalur-D natrium adalah sumber cahaya utama dari lampu HPS, dan spektrum sempit ini dilebarkan oleh natrium tekanan tinggi dalam lampu, karena pelebaran ini dan pancaran dari raksa, warna benda yang diterangi dapat dibedakan. Ini membuatnya digunakan

di tempat yang diinginkan pembedaan warna yang baik.

Lampu HPS disukai untuk penyinaran tumbuhan dalam ruang karena lebarnya spektrum suhu warna yang dihasilkan dan efisiensinya yang relatif tinggi.

Lampu *Metal Halide*

Lampu *discharge* dimana sebagian besar dari cahaya dihasilkan oleh radiasi dari campuran uap logam (misalnya: air raksa) dan penguraian (*dissosiasi halide* (*halide thallium, indium* atau *natrium*)).

Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

LED didefinisikan sebagai salah satu semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. Sebagaimana dioda lainnya LED terdiri dari bahan semikonduktor P dan N. Bila sumber diberikan pada LED kutub negatif dihubungkan dengan N dan kutub positif dengan P maka lubang (*hole*) akan mengalir kearah N dan elektron mengalir kearah P (Muhaimin,2001).

LED merupakan perangkat keras dan padat (*solid-state component*) sehingga unggul dalam hal ketahanan (*durability*). Umur Lampu LED dapat mencapai 50.000 jam, hal ini dikarenakan tegangan kerja arus searah (V_{DC}) konstan, meskipun di suplai dari

arus AC, namun di dalam LED terdapat stabiliser yang menstabilkan suplai arus AC tersebut.

Formulasi Penerangan

a. Fluks Cahaya / Arus Cahaya

Menurut Muhaimin (2001) Aliran rata – rata energi cahaya adalah arus cahaya atau fluks cahaya. Arus cahaya didefinisikan sebagai jumlah total cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya setiap detik. Besarnya arus cahaya dengan satuan lumen (lm) dinyatakan dengan persamaan 1.

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

Keterangan :

ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

Q = Energi cahaya dalam lm.jam atau lm.detik

t = waktu dalam jam atau detik

b. Intensitas Cahaya

Menurut Hermawan, Karnoto (2005) intensitas cahaya adalah arus cahaya dalam lumen yang diemisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) oleh sebuah sumber cahaya.

$$I = \phi / \omega \dots\dots\dots(2)$$

$$\phi = I \times \omega \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

I = intensitas cahaya dalam candela (cd)

ω = sudut ruang dalam steridian (sr)

c. Iluminasi (Kuat Penerangan)

Iluminasi menurut Hermawan, Karnoto (2005) adalah (kuat penerangan) kepadatan arus gaya bercahaya yang jatuh pada permukaan seluas satu satuan luas, kalau permukaan diterangi secara seragam.

$$E = \phi / A \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

E = iluminasi dalam lux (lx) = lm/m²

ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

A = luas bidang (m²)

Karena adanya faktor pemakaian dan depresiasi akibat debu pada *luminaire* dan lampu, maka persamaan tersebut harus dikalikan dengan *coefficient of utilization* (CU) dan *light-loss factor* (LLF). Oleh Schiler (1992), formula tersebut dinyatakan lebih jelas dengan :

$$E = \frac{N \cdot n \cdot LL \cdot CU \cdot LLF}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

N = jumlah *luminaire*

n = jumlah lampu tiap *luminaire*

LL = lumen yang dihasilkan tiap lampu

CU = *coefficient of utilization*

LLF = *light-loss factor*

A = luas bidang (m²)

d. Luminasi

Luminasi menurut Muhaimin (2001) adalah pernyataan kuantitatif jumlah cahaya yang dipantulkan oleh permukaan pada suatu arah.

$$L = \phi / \omega R \dots\dots\dots(6)$$

$$L = I / R \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

L = luminasi dalam nit (nt) = cd/m²

I = intensitas cahaya dalam candela (cd)

R = titik jarak / luas (m²)

e. Efikasi Cahaya

Menurut Hermawan, Karnoto (2005) efikasi cahaya adalah perbandingan fluks cahaya dengan daya.

$$K = \phi / P \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

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

ϕ = fluks cahaya dalam lumen (lm)

P = daya listrik dalam watt (W)

3. HASIL DAN ANALISA

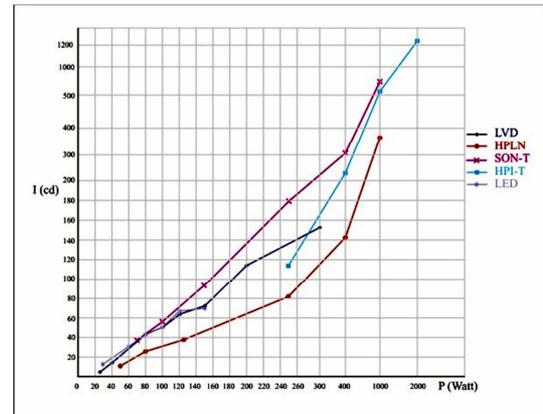
Analisa perhitungan untuk dilakukan sebagai berikut :

1. Mencari nilai fluks cahaya (ϕ)
2. Mencari nilai intensitas cahaya (I)
3. Mencari nilai kuat penerangan (E)
4. Mencari nilai luminasi (L)
5. Mencari nilai efikasi

Analisis Pemilihan Lampu.....

6. Mencari *Photopic Luminous Fluks* (ϕP)

Dari analisa hasilnya dapat dilihat pada grafik – grafik dibawah ini:

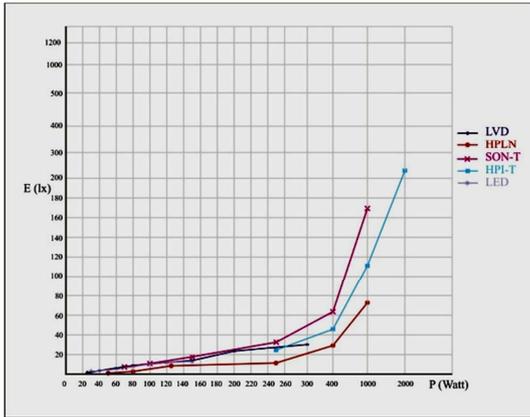


Gambar.1 Intensitas Cahaya (I)

Dilihat dari grafik 4.1 diperoleh peringkat lampu yang memiliki intensitas cahaya dari yang terbaik ke yang terburuk adalah SON – T, LVD, LED, HPI – T, HPL – N.

Dan juga diperoleh hasil analisa kesetaraan intensitas cahaya sebagai berikut :

1. SON – T 150 W = LVD 150 W, LED 150 W, HPI – T 250 W, HPL – N 250 W.
2. SON – T 250 W = LVD 300 W, HPI – T 400 W, HPL – N 400 W.

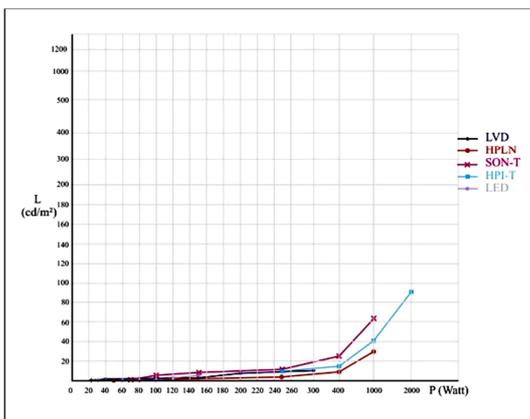


Gambar 2. Grafik Iluminasi (E)

Dilihat dari grafik 2 diperoleh peringkat lampu yang memiliki kuat penerangan / iluminasi dari yang terbaik ke yang terburuk adalah SON – T, LVD, LED, HPI – T, HPL – N.

Dan juga diperoleh hasil analisa kesetaraan kuat penerangan/iluminasi sebagai berikut :

1. SON – T 150 W = LVD 150 W, LED 150 W, HPI – T 250 W, HPL – N 250 W.
2. SON – T 250 W = LVD 300 W, HPI – T 400 W, HPL – N 400 W.



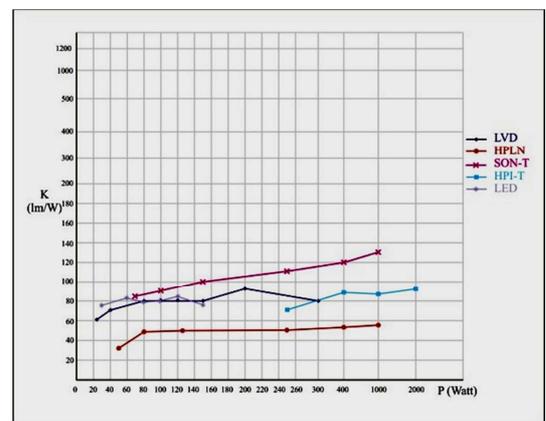
Gambar 3. Luminasi (L)

Dilihat dari grafik 3 diperoleh peringkat lampu yang memiliki luminasi

dari yang terbaik ke yang terburuk adalah SON – T, LVD, LED, HPI – T, HPL – N.

Dan juga diperoleh hasil analisa kesetaraan luminasi sebagai berikut :

1. SON – T 150 W = LVD 150 W, LED 150 W, HPI – T 250 W, HPL – N 250 W.
2. SON – T 250 W = LVD 300 W, HPI – T 400 W, HPL – N 400 W.

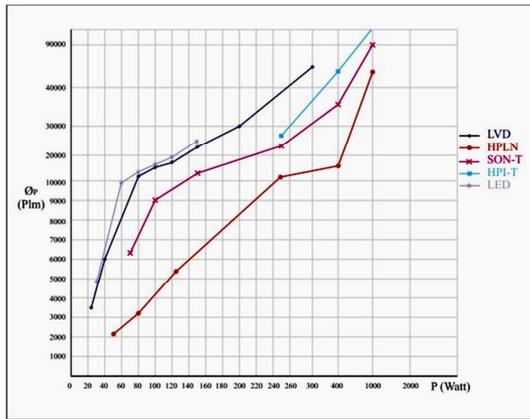


Gambar 3. Efikasi Cahaya

Dilihat dari gambar 3 diperoleh peringkat lampu yang memiliki efikasi cahaya dari yang terbaik ke yang terburuk adalah SON – T, LVD, LED, HPI – T, HPL – N.

Dan juga diperoleh hasil analisa efikasi cahaya yang setara dengan :

1. SON – T 150 W = LVD 150 W, LED 150 W, HPI – T 250 W, HPL – N 250 W.
2. SON – T 250 W = LVD 300 W, HPI – T 400 W, HPL – N 400 W.



Gambar 4. *Photopic Luminous Fluks*

Dilihat dari gambar 4 diperoleh peringkat lampu yang memiliki *Photopic Luminous fluks* dari yang terbaik ke yang terburuk adalah LED, LVD, HPI – T, SON – T, HPL – N.

Dan juga diperoleh hasil analisa *photopic luminous fluks* yang setara dengan :

1. SON – T 150 W = LED 80 W, LVD 80 W, HPI – T 250 W HPL – N 250 W.
2. SON – T 250 W = LED 150 W, LVD 150 W, HPI –T 400 W, HPL – N 400 W.

Analisa Perhitungan Biaya dengan Menggunakan Lampu Eksisting Tol.

- Kebutuhan *eksisting* :

Lampu SON – T 150 W = 27 bh

Lampu SON – T 250 W = 28 bh

Lampu SON – T 1000 W = 8 bh

- Total daya PJU – 1 dan PJU RAMP adalah :

$$(150 \text{ W} \times 27 \text{ bh}) + (250 \text{ W} \times 28 \text{ bh}) + (1000 \text{ W} \times 8 \text{ bh}) = 19.050 \text{ W} = 23.812,5 \text{ VA}$$

- dengan total daya 23.812,5 VA maka listrik PLN berlangganan 33.000 VA

- Berdasar pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 07 tahun 2010 tanggal 30 Juni 2010, Daya tersambung diatas 2200 VA s.d 200 kVA biaya penyambungan maksimumnya Rp. 775,00 maka biaya penyambungan / berlangganan PLNnya adalah 33.000 VA x Rp. 775,00 = Rp. 25.575.000,00

- dengan *timer switch* yang diseting menyala jam 18.00 WIB s/d 06.00 WIB maka jumlah waktu pemakaian per hari adalah 12 jam maka, total daya PJU – 1 dan PJU RAMP per bulan adalah :

$$(19.050 \text{ W} \times 12 \text{ jam} \times 30 \text{ hari}) : 1000 = 6.858 \text{ kWh}$$

- Berdasarkan pada Tarif Dasar Listrik (TDL) 2010 untuk keperluan Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum No.5 golongan tarif P-1/TR dengan batas daya 6600 VA sampai dengan 200 kVA adalah sebesar Rp. 885,00 per kWh, maka dapat diketahui seberapa besar

beban pembayaran rekening listrik panel PJU – 1 dan PJU RAMP per bulannya. maka, total biaya tagihan PJU – 1 dan PJU RAMP per bulan adalah :

$$(6.858 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 885,00) = \text{Rp. } 6.069.330,00$$

- Total biaya tagihan PJU – 1 dan PJU RAMP per tahun adalah :

$$\text{Rp. } 6.069.330,00 \times 12 \text{ bln} = \text{Rp. } 72.831.960,00$$

- Biaya investasi lampu berdasar pada daftar harga Philips tahun 2010

$$(27 \text{ bh} \times \text{Rp. } 2.554.200,00) + (28 \text{ bh} \times \text{Rp. } 2.687.300,00) + (8 \text{ bh} \times \text{Rp. } 6.545.000,00) = \text{Rp. } 196.567.800,00$$

Analisa Perhitungan Biaya dengan Lampu Alternatif 2 (HPL – N)

- Kebutuhan lampu :

Lampu SON – T 150 W diganti HPL – N 250 W

Lampu SON – T 250 W diganti HPL – N 400 W

Lampu SON – T 1000 W

- Total daya PJU – 1 dan PJU RAMP adalah :

$$(250 \text{ W} \times 27 \text{ bh}) + (400 \text{ W} \times 28 \text{ bh}) + (1000 \text{ W} \times 8 \text{ bh}) = 25.950 \text{ W} = 32.437,5 \text{ VA}$$

- dengan total daya 32.437,5 VA maka listrik PLN berlangganan 41.500 VA

- Berdasar pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 07 tahun 2010 tanggal 30 Juni 2010, Daya tersambung diatas 2200 VA s.d 200 kVA biaya penyambungan maksimumnya Rp. 775,00 maka biaya penyambungan / berlangganan PLNnya adalah 41.500 VA x Rp. 775,00 = Rp. 32.162.500,00

- dengan *timer switch* yang diseting menyala jam 18.00 WIB s/d 06.00 WIB maka jumlah waktu pemakaian per hari adalah 12 jam.

maka, total daya PJU – 1 dan PJU RAMP per bulan adalah :

$$(25.950 \text{ W} \times 12 \text{ jam} \times 30 \text{ hr}) : 1000 = 9.342 \text{ kWh}$$

- Berdasarkan pada Tarif Dasar Listrik (TDL) 2010 untuk keperluan Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum No.5 golongan tarif P-12T~~12T~~ dengan batas daya 6600 VA sampai dengan 200 kVA adalah sebesar Rp.= ~~885,00~~ per kWh, maka total biaya tagihan PJU – 1 dan PJU RAMP per bulan adalah : 9.432 kWh x Rp. 885,00 = Rp. 8.267.670

- Total biaya tagihan PJU – 1 dan PJU RAMP per tahun adalah :

$$\text{Rp. } 8.267.670,00 \times 12 \text{ bln} = \text{Rp. } 99.212.040$$

- Biaya investasi lampu berdasar pada daftar harga Philips tahun 2010

$(27 \text{ bh} \times \text{Rp. } 2.527.800) + (28 \text{ bh} \times \text{Rp. } 2.567.400,00) + (8 \text{ bh} \times \text{Rp. } 6.545.000) = \text{Rp. } 192.497.800$

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan serangkaian analisa data terhadap beberapa jenis lampu penerangan jalan yaitu lampu Induksi LVD, lampu HPL – N, lampu SON – T, lampu HPI – T dan lampu LED dengan daya sesuai yang ada di pasaran maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa :

1. Kuat Penerangan (Iluminasi) pada lampu eksisting Tol Semarang – Solo adalah sebagai berikut :
 - a. Lampu SON – T 150 W = 19.43 lux
 - b. Lampu SON – T 250 W = 36.27 lux sesuai dengan ketentuan dari **SNI 7391:2008 hlm. 8** yang memberikan standar iluminasi antara 15 lux – 20 lux.
2. Karakteristik beberapa jenis lampu penerangan jalan
 - a. Peringkat lampu yang memiliki intensitas cahaya, iluminasi, luminasi dan efikasi cahaya dari yang terbaik ke yang terburuk

adalah SON – T, LVD, LED, HPI – T, HPL – N.

- b. Peringkat lampu yang memiliki *Photopic Luminous fluks* dari yang terbaik ke yang terburuk adalah LED, LVD, HPI – T, SON – T, HPL – N.
3. Dengan kesetaraan intensitas cahaya, iluminasi dan luminasi, total daya lampu SON – T sebesar 19.050 W adalah yang terhemat, dengan kesetaraan *Photopic Luminous fluks* total daya lampu SON – T adalah yang terhemat kedua.
4. Dengan kesetaraan intensitas cahaya, iluminasi dan luminasi, biaya berlangganan PLN untuk lampu SON – T sebesar Rp. 25.575.000,00 adalah yang terhemat, dengan kesetaraan *Photopic Luminous fluks* biaya berlangganan PLN lampu SON – T adalah yang terhemat kedua.
5. Dengan kesetaraan intensitas cahaya, iluminasi dan luminasi, biaya rekening listrik per bulan lampu SON – T sebesar Rp. 6.069.330,00 adalah yang terhemat, dengan kesetaraan *Photopic Luminous fluks* biaya rekening listrik per bulan lampu SON – T adalah yang terhemat kedua.

6. Dengan kesetaraan intensitas cahaya, iluminasi dan luminasi, investasi lampu SON – T sebesar Rp. 196.567.800,00 adalah yang terhemat, dengan kesetaraan *Photopic Luminous fluks* investasi lampu SON – T adalah yang terhemat kedua.
7. Berdasar uraian diatas maka pemilihan lampu SON – T sebagai lampu penerangan jalan tol Semarang – Solo adalah yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Gator Priowirjanto, 2003, *Teknik Pencahayaan 1*, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Hermawan, Karnoto, 2005, *Perancangan Software Aplikasi Optimasi Penataan Lampu PJU Sebagai Upaya Penghematan Biaya Energi Listrik*, Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknik Undip, Semarang.
- , *Inspire Your Lighting Experience Philips Indoor & Outdoor Luminaires Catalog 2008 Concise Version, Indonesia* – Philips Lighting, Gedung Philips, Jakarta.
- Muhaimin, 2001, *Teknologi Pencahayaan*, Refika Aditama, Bandung
- , *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 392/PRT/M/2005 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol*, Menteri Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Prih Sumardjati, Sofian Yahya, Ali Mashar, 2008, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1 untuk SMK*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- SNI 7391 : 2008, *Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*, Badan Standardisasi Nasional – BSN, Jakarta.
- , *Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan No. 12/5/BNKT/1991*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, Jakarta.
- tokobagus.com, 2011, *Lampu LVD Lebih Hemat Energi dan Lebih Baik dari Lampu Manapun*, © 2005-2011 Tokobagus.com.
- www.energyefficiencyasia.org, 2006, *Peralatan Energi Listrik : Pencahayaan*, United Nations Environment Programme (UNEP).