

REDESAIN LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM DI UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE DIALUX

Rikko Daffa Ardiyanto^{*)}, Bambang Winardi, Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: rikko.daffa@gmail.com

ABSTRAK

Lampu merupakan salah satu alat penerangan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari - hari. Lampu dibutuhkan baik di dalam maupun di luar ruangan. Salah satu contoh penggunaan lampu di luar ruangan yaitu sebagai penerangan jalan umum. Fungsi lampu penerangan jalan umum selain memberikan penerangan pada jalan yang dilalui oleh kendaraan juga dapat berfungsi sebagai salah satu alat keamanan di jalan raya. Disebabkan pada malam hari visibilitas sangat rendah yang dapat membahayakan para pengguna jalan saat sedang mengendarai kendaraan ataupun berjalan di pedestrian. Untuk memberikan visibilitas yang tidak membahayakan maka penggunaan lampu sebagai penerangan jalan harus sesuai dengan standar agar penggunaan lampu sesuai dengan keadaan jalan dan tidak berbalik membahayakan para pengguna jalan. Universitas Diponegoro, sebagai salah satu universitas terbaik di Indonesia memiliki akses jalan yang cukup lebar dan ramai oleh para pengguna jalan yang sebagian besar mahasiswa. Dengan aktifitas mahasiswa yang terkadang sampai malam hari, maka penerangan pada akses jalan di Universitas Diponegoro harus memiliki visibilitas yang baik agar tidak membahayakan pengguna jalan. Melalui software Dialux, kinerja dari penerangan jalan umum di kawasan Universitas Diponegoro dapat dilihat sudah memenuhi standar yang ada atau belum, jika belum memenuhi maka dapat dilakukan redesign dan simulasi penerangan jalan hingga memenuhi standar yang berlaku.

Kata kunci : Lampu, Penerangan Jalan Umum, Dialux

Abstract

Lamps are one of the lighting tools that are needed in everyday life. Lamps are needed both inside and outside the room. One example of using outdoor lamps is as a public street lighting. The function of lamps on public street lighting in addition to providing lighting on roads that are often traversed by vehicles can also function as one of the security tools. This is because at night the visibility is very low which can endanger the road users while driving a vehicle or walking in a pedestrian. To provide a level of visibility that is not harmful, the use of lamps as street lighting must be in accordance with applicable standards so that the use of lights is in accordance with the road conditions and does not turn harm to road users. Diponegoro University, as one of the best universities in Indonesia, has quite wide road access and is crowded by road users who are mostly students. With the activities of students who sometimes until midnight, the road access at Diponegoro University must have good visibility and lighting. Through Dialux software, the performance of public street lighting in the Diponegoro University area can be seen as fulfilling the existing standards or not, if it has not fulfilled, it can be redesigned and simulated the street lighting to meet applicable standards.

Keywords: Lamps, Public Street Lighting, Dialux

1. Pendahuluan

Lampu merupakan salah satu alat penerangan yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari – hari. Lampu dibutuhkan baik di dalam maupun di luar ruangan. Salah satu contoh penggunaan lampu di luar ruangan yaitu sebagai penerangan jalan umum. Fungsi lampu pada penerangan jalan umum selain memberikan penerangan pada jalan yang sering dilalui oleh kendaraan juga dapat berfungsi sebagai salah satu alat keamanan di jalan raya. Hal ini disebabkan pada malam hari visibilitas sangat rendah yang mana dapat membahayakan para pengguna

jalan saat sedang mengendarai kendaraan ataupun berjalan di pedestrian. Untuk memberikan tingkat visibilitas yang tidak membahayakan maka penggunaan lampu sebagai penerangan jalan harus sesuai dengan standar yang berlaku menyesuaikan dengan keadaan jalan dan tidak berbalik membahayakan para pengguna jalan.

Universitas Diponegoro Semarang sendiri memiliki akses jalan yang cukup lebar dan sering dilalui oleh warga maupun mahasiswa. Oleh karena itu dibutuhkan penerangan jalan umum yang memadai atau sesuai standar. Lampu penerangan yang terdapat di kawasan

Univeritas Diponegoro Semarang sendiri menggunakan jenis lampu SON-T dan LED. Penerangan yang dibutuhkan para pengguna jalan adalah yang tidak memberikan kesilauan berlebih serta berguna memperjelas pandangan, memberikan rasa aman dan nyaman ketika berkendara pada malam hari.

Beberapa LPJU di Universitas Diponegoro Semarang belum memiliki tingkat penerangan yang sesuai dengan standar yang berlaku. Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam tingkat penerangan dan kualitas penerangan jalan diantaranya volume lalu lintas baik berupa kendaraan bermotor maupun pejalan kaki. Selain itu keadaan jalan itu sendiri baik dari lebar jalan, jenis permukaan jalan yang mempengaruhi pemantulan cahaya lampu, ada atau tidaknya lampu penerangan jalan yang terpasang serta kondisi dari lampu itu sendiri di beberapa kawasan Universitas Diponegoro Semarang.

Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan dan redesain penerangan di kawasan Universitas Diponegoro Semarang agar didapatkan penerangan jalan yang baik, tepat guna, ekonomis dan sesuai dengan standarnya. Dikarenakan penggunaan lampu SON-T yang masih memiliki kekurangan dalam efisiensi energi (daya) maka perancangan lampu penerangan jalan ini menggunakan jenis lampu LED.

Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi antara lain[3] :

1. Menghasilkan kontras antara obyek dan permukaan jalan.
2. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan.
3. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari.
4. Mendukung keamanan lingkungan.
5. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

Dalam merencanakan instalasi penerangan, ada 5 kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan penerangan yang baik yaitu memenuhi fungsi supaya mata kita dapat melihat dengan jelas dan nyaman. Kelima kriteria ini saling mempengaruhi dan tidak dapat berdiri sendiri secara terpisah karena masing-masing bergantung satu sama lain dalam menghasilkan kualitas penerangan yang optimal. Kriteria tersebut adalah[4]:

1. Kuantitas atau jumlah cahaya pada permukaan tertentu (*lighting level*) atau tingkat kuat penerangan.
2. Distribusi kepadatan cahaya (*luminance distribution*)
3. Pembatasan cahaya agar tidak menyilaukan mata (*limitation of glare*)
4. Arah penerangan dan pembentukan bayangan (*light directionality and shadow*)
5. Warna cahaya dan refleksi warnanya (*light colour and colour rendering*)

Metode perhitungan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode perhitungan yang digunakan oleh CIE

(COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE)[10].

Satuan penerangan sistem internasional yang digunakan adalah sebagai berikut[11]:

1. Kuat Penerangan (Iluminasi-Lux), didefinisikan sebagai cahaya yang jatuh (ϕ) dalam lumen pada luas suatu bidang atau area.
2. Intensitas Cahaya adalah fluks cahaya persatuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu, dinyatakan dengan satuan unit Candela.
3. Luminasi adalah intensitas cahaya dalam suatu arah tertentu diproyeksikan pada luas permukaan (m^2), dinyatakan dalam Candela per meter persegi (Cd/m^2).
4. Lumen adalah seluruh jumlah cahaya persatuan sudut ruang.

Dalam dunia kelistrikan, energi listrik merupakan jumlah daya yang diserap/digunakan oleh peralatan listrik selama satu satuan waktu.

Dalam Persamaan (5) dituliskan sebagai berikut[12]:

$$W = P \times t \quad (5)$$

Dengan :

W = Energi (joule)

P = Daya (Watt)

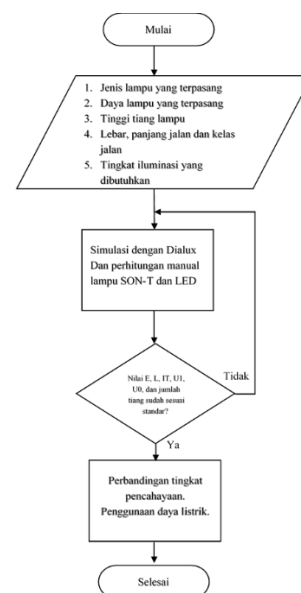
t = Waktu (detik)

Perhitungan energi listrik di Indonesia menggunakan satuan kWh, sehingga Persamaan (5) menjadi[12]:

$$W = \frac{P}{1000} \times \frac{t}{3600} \text{ kWh} \quad (6)$$

2. Metode

2.1 Flowchart



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2. Metode Perhitungan

➤ Luminasi

Kepadatan cahaya atau luminasi adalah ukuran kepadatan radiasi cahaya yang jatuh pada suatu bidang dan diarahkan ke arah mata sehingga mata mendapatkan kesan terang. Dengan kata lain, kepadatan cahaya adalah kuat cahaya atau ukuran pancaran cahaya dari bidang tertentu dalam candela (cd) dibagi dengan bidang penglihatan dalam m². Satuan kepadatan cahaya (L) dinyatakan dalam candela/m²[10].

Dirumuskan dengan:

$$L = \frac{I(C,\gamma) \cdot r \cdot \emptyset \cdot MF \cdot 10^{-4}}{H^2} \quad (1)$$

keterangan:

- L = luminasi (cd/m²)
- I(C,γ) = intensitas cahaya di arah (C,γ) dalam cd/klm
- r = pengurangan cahaya luminasi dengan acuan sudut datang
- ∅ = banyaknya lumen/ fluks cahaya
- MF = koefisien maintenance factor
- H = tinggi tiang lampu

➤ Iluminasi

Satu objek yang pada siang hari dapat dengan mudah dilihat, dapat saja tidak terlihat pada malam hari karena penglihatan bergantung pada tingkat kuat penerangan. Tingkat kuat penerangan sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada suatu luas bidang atau permukaan yang disebut sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah arus cahaya yang dipancarkan dalam lumen dibagi dengan luas bidang atau area dalam m²[10].

Dirumuskan dengan:

$$E = \frac{I(C,\gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \emptyset \cdot MF}{H^2} \quad (2)$$

keterangan:

- E = iluminasi cahaya horizontal (lux)
- ε = sudut dari cahaya pantul pada titik ukur

➤ Threshold Increment TI (ambang batas silau)

Silau terutama disebabkan oleh distribusi cahaya yang tidak merata, misalnya akibat lampu yang salah dan bergantung pada kepadatan cahaya, besarnya sumber cahaya yang berada di depan sudut penglihatan, posisi muka, perbedaan kontras antara permukaan yang gelap dan terang. Silau akan menyebabkan penglihatan berkurang dan akan menyebabkan kelelahan pada mata. Silau yang disebabkan oleh sumber cahaya buatan dapat dihindari dengan memakai armatur yang dilengkapi louver atau optik mirror[10].

Dirumuskan dengan:

$$TI = \frac{k \cdot E_e}{L_{av}^{0,8} \cdot \theta^2} \quad (3)$$

dan

$$k = 641 \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{66,4} \right)^4 \right] \quad (4)$$

keterangan:

- k = konstanta dari usia orang yang mengobservasi
- A = usia manusia
- E_e = iluminasi dalam (lux/1000 lumen) dengan jarak observasi 2,75(H-1,5)
- θ = sudut datangnya cahaya

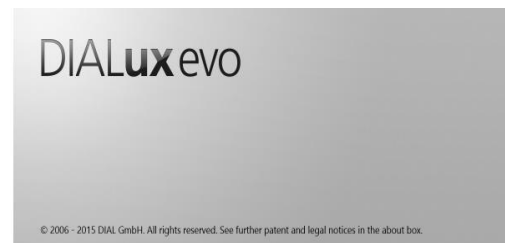
➤ Software Dialux Evo

Dialux adalah perangkat lunak untuk pengguna teknik yang berasal dari Jerman. Kelebihan dari *software* ini adalah dengan adanya sistem visualisasi sehingga membuat para pengguna *software* ini lebih bisa melihat hasil tampak pada saat akan merealisasikannya.

Software dialux dapat disimulasikan berupa ruangan dalam, ruangan luar dan juga simulasi penerangan jalan. Dengan adanya penggunaan simulasi penerangan jalan dengan berbagai variabel dari sisi tinggi lampu, lebar jalan, jenis jalan, faktor penerangan dan juga berbagai katalog lampu yang bisa di aplikasikan ke *software* tersebut.

Kelebihan dari *software* adalah tidak hanya mengandalkan dari sisi teknisnya saja namun juga dari sisi visualisasi. Dengan menggunakan dialux kita dapat mensimulasi dengan menggunakan lampu yang benar – benar tersedia pada industri lampu dunia. Oleh karena itu, hasil kalkulasi dan *rendering* akan menyerupai dengan keadaan yang sebenarnya.

Tetapi *software* dialux evo juga mempunyai kekurangan diantaranya pada perancangan LPJU hanya bisa mensimulasikan jalan lurus.



Gambar 2. Software Dialux Evo

2.3.. Kondisi Eksisting LPJU di Kawasan Universitas Diponegoro

Berikut ini tabel kondisi eksisting LPJU di kawasan Universitas Diponegoro lengkap dengan keterangan yang ada:

Tabel 1. Kondisi Eksisting LPJU di kawasan Universitas Diponegoro

Lokasi	Jmlh Lampu/Jenis Lampu	Jarak tiang (m)	Illuminasi			SNI (3-7 lux)
			Tegak Lurus	Antar Lampu	Ujung Jalan	
Depan Departemen Teknik Elektro	2 bh/SONT	12	98 lux	0 lux	7 lux	Tidak Standar
Bundaran Widya Puraya	4 bh/SONT	10,6	66 lux	0 lux	11 lux	Tidak Standar
Jalan Dekanat FT Soedarto	16bh/SONT	10,08	16 lux	2 lux	3 lux	Tidak Standar
Jalan Depan FPP	12bh/SONT	11,6	51 lux	0 lux	33 lux	Tidak Standar
Depan Teknik Industri	9 bh/SONT	10,6	22 lux	0 lux	21 lux	Tidak Standar
Depan Teknik Mesin	2 bh/SONT	10,6	12 lux	0 lux	0 lux	Tidak Standar
Samping SA-MWA	5 bh/SONT	25,62	79 lux	0 lux	2 lux	Tidak Standar
Depan FEB	3 bh/SONT	21,63	21 lux	0 lux	5 lux	Tidak Standar
Depan FK	7 bh/SONT	15,12	53 lux	0 lux	24 lux	Tidak Standar
Turunan FPP	4 bh/SONT	12,81	35 lux	0 lux	7 lux	Tidak Standar
Depan Teknik Sipil	14bh/SONT	14,7	51 lux	0 lux	33 lux	Tidak Standar
Samping Teknik Arsitektur	4 bh/SONT	15,96	241 lux	0 lux	14 lux	Tidak Standar
Depan FISIP	4 bh/SONT	20	32 lux	0 lux	15 lux	Tidak Standar
Depan FISIP	6 bh/SONT	17,64	50 lux	0 lux	16 lux	Tidak Standar

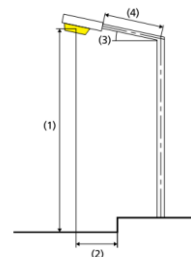
Tabel 1. (Lanjutan)

Depan Widya Puraya	2 bh/SONT	15,96	23 lux	0 lux	0 lux	Tidak Standar
TOTAL	94 bh					

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran kondisi eksisting LPJU di beberapa kawasan Universitas Diponegoro sebagian besar belum memenuhi SNI 7391:2008 yang mana masih ada nilai iluminasi sebesar 0 lux di pengukuran antara lampu dan ujung lebar jalan yang seharusnya iluminasi bernilai 3 – 7 lux untuk jenis jalan kolektor. Oleh karena itu diperlukan redesain dengan menggunakan software bantu seperti dialux evo agar sesuai dengan SNI 7391:2008.

3. Analisa Perhitungan Dan Simulasi
3.1. Simulasi Penerangan

Sebelum melakukan simulasi penerangan, terlebih dahulu mengetahui tinggi lampu, panjang lengan lampu (stang ornamen), sudut lengan lampu, dan jenis lampu yang dipakai. Berikut ini merupakan gambar contoh visual tiang lampu



Gambar 3. Contoh visual tiang lampu

Keterangan:

1. Tinggi lampu dari jalan
2. Jarak armatur lampu dengan tepi jalan
3. Sudut stang ornamen
4. Panjang lengan lampu

Setelah mengetahui tipe penerangan lampu maka melakukan perhitungan dan simulasi penerangan dengan 2 variasi lampu untuk perbandingan pencahayaan dengan variabel sebagai berikut:

- Tipe jalan : CIE C2 (aspal) 0.07 [9]
- Maintenance factor : 0.9
- Sudut stang ornamen : 0°
- Letak lampu : Sesuai kondisi eksisting

Dari hasil simulasi yang telah dilaksanakan, maka kita dapat menganalisa lampu jenis apakah yang lebih baik diterapkan dalam sistem penerangan di kawasan Universitas Diponegoro yaitu Philips LED BRP435 dan BGP623 [7].

Berikut ini merupakan tabel perbandingan simulasi lampu di Jalan Taman Depan Departemen Teknik Elektro dan Jalan Depan Fakultas Kedokteran :

Tabel 2. Perbandingan simulasi lampu SON-T dan LED di Jalan Taman Depan Departemen Teknik Elektro

Parameter	SON-T 150 W	Philips LED BRP435 T35 70 W	SNI 7391:2008
Lumen	15000 lm	11500 lm	
Jarak lampu	12 meter	12 meter	
Tinggi lampu	7 meter	7 meter	
Stang ornamen	0,5 meter	0,5 meter	
Iluminasi avg	6,58 lux	38,8 lux	3 – 7 lux
G1 (kemerataan)	0,595	0,807	0,14
Luminasi avg	0,66 cd/m ²	2,62 cd/m ²	1 cd/m ²
U0	0,48	0,58	0,4
U1	0,85	0,95	0,5
TI	89%	10%	20%

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil simulasi Lampu SON-T Lokasi Taman Depan Departemen Teknik Elektro masih ada yang belum memenuhi SNI 7391:2008 yaitu nilai Luminasi rata – rata sebesar 0,66 cd/m² yang seharusnya ≥ 1 cd/m², dan nilai TI (tingkat silau) sebesar 89% yang seharusnya $\leq 20\%$. Sedangkan hasil simulasi lampu jenis LED Lokasi Taman Depan Departemen Teknik Elektro sudah memenuhi SNI 7391:2008.

Tabel 3. Perbandingan simulasi lampu SON-T dan LED di Jalan Depan Fakultas Kedokteran

Parameter	SON-T 150 W	Philips LED BGP623 T25 70 W	SNI 7391:2008
Lumen	15000 lm	9000 lm	
Jarak lampu	12,81 meter	12,81 meter	
Tinggi lampu	7 meter	7 meter	
Stang ornamen	0,5 meter	0,5 meter	
Iluminasi avg	5,8 lux	15,1 lux	3 – 7 lux
G1 (kemerataan)	0,488	0,713	0,14
Luminasi avg	0,64 cd/m ²	1,24 cd/m ²	1 cd/m ²
U0	0,32	0,49	0,4
U1	0,73	0,85	0,5
TI	87%	11%	20%

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil simulasi lampu SON-T Lokasi Depan FK masih ada yang belum memenuhi SNI 7391:2008 yaitu nilai Luminasi rata – rata sebesar 0,64 cd/m² yang seharusnya ≥ 1 cd/m², nilai U₀ (kemerataan keseluruhan) sebesar 0,32 yang seharusnya $\geq 0,4$, dan nilai TI (tingkat silau) sebesar 87% yang seharusnya $\leq 20\%$. Sedangkan hasil simulasi lampu jenis LED Lokasi Jalan Depan FK sudah memenuhi SNI 7391:2008.

3.2. Perbandingan Penghematan Daya Lampu SON-T dan LED Kondisi Redesain

Tabel 4. Perbandingan Penghematan Daya Lampu SON-T dan LED Kondisi Redesain

Lokasi	Jmlh Lampu	Daya Total (W)		Penghematan Daya (W)
		SONT @ 150 W	LED @ 70 W	
Depan Departemen Teknik Elektro	7 bh	1050	490	560
Bundaran Widya Puraya	6 bh	900	420	480
Jalan Dekanat FT	44 bh	6600	3080	3520
Jalan Soedarto	32 bh	4800	2240	2560
Depan FPP	11 bh	1650	770	880
Depan Teknik Industri	10 bh	1500	700	800
Depan Teknik Mesin	10 bh	1500	700	800
Samping SA-MWA	10 bh	1500	700	800
Depan FEB	16 bh	2400	1120	1280
Depan FK	17 bh	2550	1190	1360
Turunan FPP	36 bh	5400	2520	2880
Depan Teknik Sipil	9 bh	1350	630	720
Samping Teknik Arsitektur	8 bh	1200	560	640
Depan FISIP	22 bh	3300	1540	1760
Depan Widya Puraya	6 bh	900	420	480
TOTAL	244 bh	36600W	17080W	19520W

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa total penghematan daya dari redesain LPJU yang dilakukan dengan mengganti jenis lampu dari SON-T ke LED yaitu 19520 Watt atau dengan kata lain penggunaan lampu LED lebih menghemat pemakaian listrik.

3.3 Perbandingan Penghematan Biaya PLN Lampu SON-T dan LED Kondisi Redesain

Tabel 5. Perbandingan Penghematan Biaya PLN Lampu SON-T dan LED Kondisi Redesain

Lokasi	Penggunaan LPJU dalam sebulan	Biaya Per KWh/b In	Jmlh Lam pu	Biaya Total (Rp)		Penghematan Biaya (Rp)/bln
				SONT @ 150 W	LED @ 70 W	
Depan Departemen Teknik Elektro	360 jam	Rp 1760	7 bh	665280	310464	354816
Bundaran Widya Puraya	360 jam	Rp 1760	6 bh	570240	266112	304128
Jalan Dekanat FT	360 jam	Rp 1760	44 bh	4181760	1951440	2230272
Jalan Soedarto	360 jam	Rp 1760	32 bh	3041280	1419200	1622016
Depan FPP	360 jam	Rp 1760	11 bh	1045440	487872	557568

Tabel 5. (Lanjutan)

Depan Teknik Industri	360 jam	Rp 1760	10 bh	950400	443520	506880
Depan Teknik Mesin	360 jam	Rp 1760	10 bh	950400	443520	506880
Samping SA-MWA	360 jam	Rp 1760	10 bh	950400	443520	506880
Depan FEB	360 jam	Rp 1760	16 bh	1520640	709632	811008
Depan FK	360 jam	Rp 1760	17 bh	1615680	753984	861696
Turunan FPP	360 jam	Rp 1760	36 bh	3421440	1596672	1824768
Depan Teknik Sipil	360 jam	Rp 1760	9 bh	855360	399168	456192
Samping Teknik Arsitek	360 jam	Rp 1760	8 bh	760320	354816	405504
Depan FISIP	360 jam	Rp 1760	22 bh	2090880	975744	1115136
Depan Widya Puraya	360 jam	Rp 1760	6 bh	570240	266112	304128
TOTAL			244 bh	Rp 23.189.760	Rp 10.821.888	Rp 12.367.872

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa total penghematan biaya PLN/bulan dari redesain LPJU yang dilakukan dengan mengganti jenis lampu dari SON-T ke LED yaitu Rp 12.367.872/bulan atau dengan kata lain penggunaan lampu LED lebih menghemat biaya PLN.

4. Kesimpulan

Pada kondisi eksisting, hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi penerangan lampu belum memenuhi SNI 7391:2008. Pada pemilihan lampu penerangan jalan, untuk sistem penerangan jalan baru, maka disarankan untuk menggunakan lampu LED BRP435 dan BGP623 dengan tinggi tiang dan jarak antar tiang sama dengan eksisting. Penggunaan lampu LED BRP435 di kawasan Taman Depan Departemen Teknik Elektro menghasilkan iluminasi rata-rata 38,8 lux, g_1 bernilai 0,807, luminasi rata-rata 2,62 cd/m^2 , U_0 bernilai 0,58, U_1 bernilai 0,95, batas silau 10%. Penggunaan lampu LED BGP623 di kawasan Jalan Depan Fakultas Kedokteran menghasilkan iluminasi rata-rata 15,1 lux, g_1 bernilai 0,713, luminasi rata-rata 1,24 cd/m^2 , U_0 bernilai 0,49, U_1 bernilai 0,85, batas silau 11%. Perbandingan hasil iluminasi maksimum perhitungan dan simulasi lampu LED BRP435 di kawasan Taman Depan Departemen Teknik Elektro didapat hasil simulasi sebesar 47 lux dan perhitungan 48,5 lux. Perbandingan hasil luminasi maksimum perhitungan dan simulasi lampu LED BRP435 di kawasan Taman Depan Departemen Teknik Elektro didapat hasil simulasi sebesar 2,62 cd/m^2 dan perhitungan 2 cd/m^2 . Perbandingan hasil Tingkat Silau perhitungan dan simulasi lampu LED BRP435 di kawasan Taman Depan Departemen Teknik Elektro

didapat hasil simulasi sebesar 10% dan perhitungan 11%. Perbandingan hasil iluminasi maksimum perhitungan dan simulasi lampu LED BGP623 di kawasan Jalan Depan Fakultas Kedokteran didapat hasil simulasi sebesar 19,5 lux dan perhitungan 19 lux. Perbandingan hasil luminasi maksimum perhitungan dan simulasi lampu LED BGP623 di kawasan Jalan Depan Fakultas Kedokteran didapat hasil simulasi sebesar 1,34 cd/m^2 dan perhitungan 1 cd/m^2 . Perbandingan hasil Tingkat Silau perhitungan dan simulasi lampu LED BRP435 di kawasan Jalan Depan Fakultas Kedokteran didapat hasil simulasi sebesar 11% dan perhitungan 11%. Total penghematan daya dari redesain LPJU yang dilakukan dengan mengganti jenis lampu dari SON-T ke LED sebesar 19520 Watt. Total penghematan biaya PLN/bulan dari redesain LPJU yang dilakukan dengan mengganti jenis lampu dari SON-T ke LED yaitu sebesar Rp 12.367.872/bulan.

Referensi

- [1]. European Standard EN 13201:2015. *The New Standard For Road Lighting*. OxyTech.
- [2]. Andreas, Ricky. 2015. *Analisis Kualitas Pencahayaan Serta Biaya Operasional Lampu Penerangan Jalan Jenis Sont Dan Led Di Jalan Tol Srandol-Krapyak Dengan Menggunakan Dialux Evo*. Tugas Akhir : Semarang: Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [3]. SNI 7391. 2008. *Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [4]. Pratomo, Angga. 2008. *Perencanaan Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Kabupaten Semarang UPJ Ungaran*. Skripsi. Semarang: Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [5]. European Standard EN 13201-2. 2003. *Performance requirements*. German: CEN.
- [6]. European Standard EN 13201-3. 2003. *Calculation of performance*. German: CEN.
- [7]. Philips lighting: <http://www.lighting.philips.com/eg/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires>
- [8]. Arva, Adevia. 2015. *Evaluasi Penerangan Jalan Umum Komplek Kantor Kabupaten Boyolali*. Tugas Akhir : Semarang: Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [9]. AGI32 Roadway Lighting : <https://docs.agi32.com/AGI32/Content/references/RTables%20for%20Roadway%20Lighting.htm>.
- [10]. CIE 140. 2000. *Technical Report Road Lighting Calculations*. Austria : IHS.
- [11]. Simpson, Robert S. *Lighting Control: Technology and Applications*. British Library Cataloguing in Publication Data. 2003.
- [12]. Neidle, Michael. *Teknologi Instalasi Listrik*, Jakarta. 1982.