

Analisis Simulasi Perbandingan Pencahayaan Malam Hari Terowongan Senen-Atrium Menggunakan LED CAVES 350

Juara Mangapul Tambunan¹; Albert Gifson Hutajulu²; Hendrianto Husada³

^{1,2,3} Dosen Fakultas Ketenagalistrikan Institut Teknologi PLN

¹ juara.mangapul@itpln.ac.id

ABSTRACT

The Senen tunnel is 585 meters long, 9 meters wide and 5 meters high. The author uses the Dialux evo 4.13. The Senen-Atrium tunnel zone has a one-way tunnel that is divided into 2 lanes on the side of the tunnel branching off Jalan Letjen Suprpto goes straight to Jalan Senen Raya and Jalan Kwitang. From the simulation results of the Senen-Atrium tunnel lighting at night, the 80 Watt, 110 Watt, and 150 Watt luminaires power are 12112 lumens, 14557 lumens, and 20426 lumens. LED CAVES 80 Watt power is 13 to 69 lux. For 110 Watts that is 14 to 81 lux, and 150 Watts power is 21 to 115 lux. In the simulation results of the distribution of the road area for the CAVES 350 LEDs which are 80 W, 110 W, and 150 W, namely 0,181; 0,177, and 0,183, and the lighting evenness ratio for tunnel is 4 : 1. Calculation of the number of lamps installed refers to a distance of more than 34 meters, so as to get the number of lamps 18 pieces. The limits are according to SNI 7391:2008 referring to the rules of normal E average lighting quality, the limitation of lighting strength in the tunnel, and the ratio of lighting evenness. Of the three lamps selected the most ideal, namely CAVES 350 80 W.

Keywords: Tunnel Lighting, Flood Lighting Type, Road Field, Lumen, Tunnel Zone

ABSTRAK

Untuk terowongan Senen sepanjang 585 meter dengan lebar 9 meter dan tinggi terowongan 5 meter. Penulis menggunakan Dialux evo 4.13. Zona terowongan Senen-Atrium memiliki terowongan satu arah yang terbagi dengan 2 lajur yang berada di bagian sisi terowongan percabangan dari jalan Letjen. Suprpto tembus langsung menuju jalan Senen Raya dan jalan Kwitang. Dari hasil simulasi pencahayaan terowongan Senen-Atrium malam hari daya lumener 80 Watt, 110 Watt, dan 150 Watt adalah 12112 lumen, 14557 lumen, dan 20426 lumen. LED CAVES daya 80 Watt yaitu 13 hingga 69 Lux. Untuk 110 Watt yaitu 14 hingga 81 Lux, dan daya 150 Watt adalah 21 hingga 115 Lux. Pada simulasi hasil sebaran bidang jalan untuk LED CAVES 350 yang 80 W, 110 W, dan 150 W, yaitu 0,181 ; 0, 177 dan 0,183, dan rasio pemerataan pencahayaan untuk terowongan adalah 4 : 1. Perhitungan jumlah lampu yang dipasang mengacu pada jarak lebih dari 34 meter, sehingga mendapatkan jumlah lampu 18 buah. Batasannya sesuai SNI 7391:2008 mengacu pada aturan kualitas pencahayaan normal E rata-rata, batasan kuat pencahayaan pada terowongan, dan rasio pemerataan pencahayaan. Dari ketiga lampu yang dipilih yang paling ideal, yaitu CAVES 350 80W

Kata kunci: Lampu Terowongan, Tipe Flood Lighting, Bidang Jalan, Lumen, Zona Terowongan

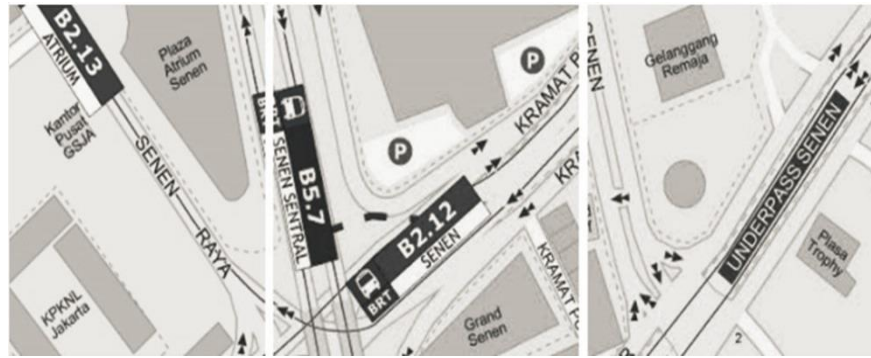
1. PENDAHULUAN

Terowongan merupakan salah satu jalur alternatif bagi pengendara roda dua, roda empat atau lebih dalam menghindari kompleksnya kemacetan dalam berlalu lintas, selain jalur cepat maupun jalur konvensional. Akses bagi pengendara jalan dalam melintasi hiruk pikuk dan padatnya kendaraan seiring dengan banyaknya pembangunan infrastruktur jalan, seperti bus way, jembatan, fly over, triple decker, commuter line, dan *underpass*, terowongan merupakan solusi yang sangat tepat dalam mengatasi ruwetnya transportasi jalan terutama di DKI Jakarta. Namun, dengan penggunaan teknologi kontroler sebagai otomatisasi kerja lampu terowongan terkadang menimbulkan kesalahan yang menyebabkan lampu padam saat siang dan mati/menyala saat malam akibat kesalahan kerja kontroler atau kesalahan pembacaan sensor cahaya dan manusia. Hal ini tentunya akan mengganggu aktivitas masyarakat, serta membahayakan kendaraan dan pengguna jalan lainnya yang berakibat tidak puas masyarakat akan sistem otomatisasi yang diterapkan. Untuk mengantisipasi masalah tersebut, dinas PJU terkait atau tim perawatan lampu jalan harus terus mengawasi selama 24 jam di semua titik. Hal ini tentunya akan menambah biaya untuk perawatan dan manajemennya. Oleh karena tidak tercapainya tujuan utama dari penggunaan lampu jalan pintar dan lampu terowongan, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat mengawasi dan mengendalikan kerja lampu terowongan yang terpasang secara terpusat dan dapat dilakukan dari tempat yang berjauhan (Ramadhan Harisman, Muhammad handry, 2015). Jalan Senen-Atrium yang merupakan jalan protokol utama, di mana setiap ruas jalan yang masuk ke wilayah Jakarta ini, akan bertemu dengan jalan terowongan ini. Ditambah rujukan lain bahwa faktor yang menyebabkan kualitas pencahayaan tidak memenuhi standar dengan lampu yang digunakan masih dengan lampu konvensional yaitu lampu sorot tipe LED dan tipe HPS-T, dari jurnal, "Replanning of tunnel lighting using 120W Philips LED with 150 W HPS-T at Tanjung Barat, South Jakarta", The 1st International Conference on Innovation in Science, Health and Technology of Gorontalo Negeri University, Middle North Sulawesi, December 10-11, 2020 (Hutajulu G Albert, Tambunan M Juara, Husada Hendrianto), [6].

Dengan data IES File dari tipe lumener terowongan yang dipakai berdasar survey dan data panjang, lebar dan tinggi terowongan penelitian, dilakukan pengolahan data dengan software Dialux evo 4.13 didapatkan simulasi dengan exterior scene dan hasil sebaran bidang jalan sebelum dimasukkan dalam tahap kalkulasi dan floor plan.

2. METODE PERANCANGAN PENCAHAYAAN TEROWONGAN

Dibangunnya terowongan sebagai sarana pendukung proyek jalan maupun ruas jalan lain yang menghubungkan antar kota merupakan jalan solusi alternatif dari kemacetan. Terowongan merupakan jalan yang di sekitarnya tertutup oleh struktur, umumnya elevasi jalan tersebut di bawah permukaan tanah. Terowongan dapat dibagi menjadi "terowongan panjang" dan "terowongan pendek" berdasarkan kejelasan pandangnya. Terowongan pendek adalah terowongan yang jalan keluarnya terlihat jelas dari suatu titik tepat di muka jalan masuk terowongan, saat tidak ada kendaraan yang melintas. Biasanya panjang terowongan pendek dibatasi sampai 75 meter. Pada siang hari terowongan pendek umumnya tidak membutuhkan sistem pencahayaan karena masuknya cahaya matahari di siang hari dari kedua sisi terowongan pendek, ditambah efek silau dari terang cahaya ujung terowongan yang lain, secara umum menjamin jarak pandang yang memuaskan [3].



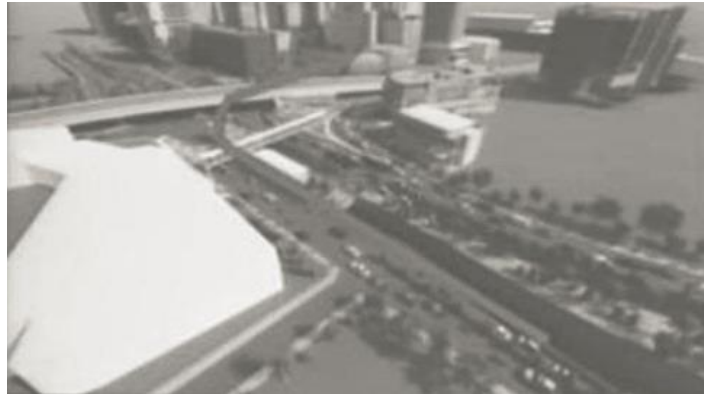
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Jalan Terowongan Senen Raya Atrium

Perlu diperhatikan mengapa pada saat memasuki terowongan, pengendara jalan harus menyalakan lampu di dalam terowongan? Hal ini disebabkan mata manusia memerlukan waktu untuk menyesuaikan dari keadaan terang menjadi gelap, seperti keadaan *black out* sesaat ketika memasuki terowongan jalan. Oleh karena itu, sangat penting adanya sinar lampu, baik pada kendaraan untuk menerangi jalan di depan maupun nyala lampu di belakang agar terlihat oleh kendaraan yang ada di belakangnya, pada gambar 1. Mengapa demikian, karena pencahayaan yang ada di dalam terowongan kurang dapat membantu dalam kondisi tersebut.



Gambar 2. Lay Out Pembangunan Underpass Senen-Atrium

Dalam penelitian ini penulis mensurvey data area Jalan Letjen Suprpto menuju perlintasan rel Jalan Raya Pantura hingga perlimaan Jalan Pasar Senen dan Jalan Kramat Kwitang, yang merupakan lokasi terowongan (*underpass*) Senen-Atrium. Di mana jalur terowongan yang satu arah memanjang ini berbelok ke kanan menuju arah Jalan Senen Raya, seperti peta jalan yang terlihat pada gambar 1, gambar 2 dan gambar 3. Dengan perkiraan mobilitas kendaraan yang melintas rata-rata 50 km/jam. Dengan jarak terowongan sepanjang 585 meter, lebar jalan 9 meter, dan tinggi terowongan 5 meter. Untuk jalur terowongan Senen-Atrium yang menikung hampir melebihi 90 derajat. Saat kendaraan keluar terowongan yang ekstension itu tepat berada di depan seberang Atrium Plaza.



Gambar 3. Arah Jalur Terowongan Senen-Atrium

Pada penelitian ini dibuat saat simulasi sebelum dimasukkan pengguna terowongan dalam tahap kalkulasi saat perkiraan optimisasi pencahayaan baik dalam keadaan siang hari maupun malam hari dengan menentukan luminansi batas ambang yang dianggap cukup oleh pengguna/pengendara untuk dapat mengatasi pengaruh penglihatan antara titik henti dengan zona batas ambang. Penelitian yang terdahulu telah dibuat simulasi menggunakan dua lampu yang berbeda, yaitu lampu Phillips LED 120 Watt dengan lampu HPS-T 150 Watt terowongan Tanjung Barat, di mana tipe lampu LED lebih baik dibanding HPS-T. Hasilnya telah dipublikasi pada *The 1st International Conference ICISHT 2020, Gorontalo University, Desember 10th 2020, dengan judul "Re-Planning of Tunnel Lighting Using 120 Watt Phillips LED with 150 Watt HPS-T at Tanjung Barat, South Jakarta"*, dengan author Juara Mangapul Tambunan, Albert Gifson, dan Hendrianto Husada.

Metode yang dipakai dalam observasi penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif dengan subyek/bahan yang terdapat pada gambar 2, dengan teknik pengambilan sampel yang terdapat pada gambar 3. Dimana pemilihannya berdasarkan data hasil pengukuran dan observasi lapangan, karena data yang di dapat merupakan nilai real dari hasil pengamatan dan pengukuran. Pengumpulan data dilakukan dengan penempatan dan pengukuran Lampu *underpass*. Metode dalam penelitian ini akan menghasilkan model perancangan lampu jalan *underpass* dengan menggunakan aplikasi perancangan *Dialux evo 4.13* dengan mengolah data beberapa lampu jalan terowongan pintar menggunakan *IES File*. Dalam standar SNI batas iluminansi terowongan antara 20 lux - 25 lux, dengan batasan silau 10% terlihat pada tabel 2 Standar SNI 7391-2008 untuk jalan terowongan.

Tabel 1. Batasan Kuat Pencahayaan Pada Terowongan

Jenis/klasifikasi Jalan	Daerah penempatan (Lux)		
	Komersil	Menengah	Permukiman
Jalan arteri dengan kontrol/jalan bebas hambatan	22	15	11
Jalan arteri	15	13	11
Jalan kolektor	13	10	6
Jalan local	10	6	4
Jalan kecil/lorong/gang	6	4	4

Dalam zona masuk terowongan merupakan bagian dari jalan menuju arah jalur sepanjang terowongan sampai menuju arah exit atau keluarnya para pengendara dalam berlalu lintas. Gambar 4(d) merupakan zona exit terowongan Senen-Atrium.



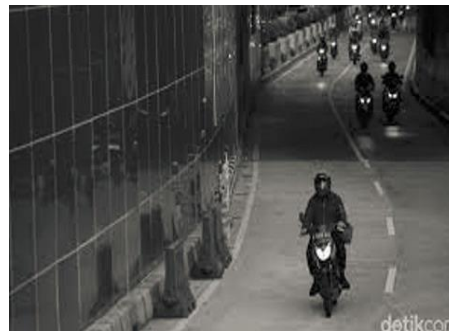
(a) Zona menuju terowongan masuk



(b) Zona masuk terowongan menikung



(c) Zona sepanjang terowongan



(d) Zona keluar terowongan

Gambar 4. Suasana Pencahayaan Terowongan Senen-Atrium Ketika Siang Hari

Tabel 2. SNI 7391-2008, Kualitas Pencahayaan Normal

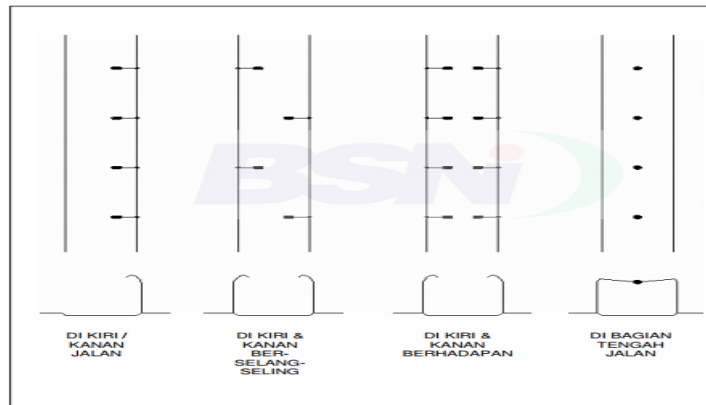
Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Iuminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata-rata (cd/m ²)	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal : - Primer - Sekunder	2 - 5 2 - 5	0,10 0,10	0,50 0,50	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

Biasanya untuk penataan letak lampu penerangan jalan secara umum terlihat seperti pada tabel 3 dibawah ini.. Pada pencahayaan terowongan Senen-Atrium dilapangan terlihat pemasangan dan peletakan luminer lampu berada pada jalan satu arah disisi sebelah kiri maupun sisi sebelah kanan langit-langit pada zona dalam terowongan. Dapat dilihat pada gambar 5 merupakan tipikal lampu penerangan terowongan pada jalan satu arah. Dengan rasio pemerataan pencahayaan untuk terowongan adalah 4 : 1.

Tabel 3. Penataan Letak Lampu Penerangan Jalan

Tempat	Penataan / pengaturan letak
Jalan satu arah	- di kiri atau kanan jalan; - di kiri dan kanan jalan berselang-seling; - di kiri dan kanan jalan berhadapan; - di bagian tengah / separator jalan.
Jalan dua arah	- di bagian tengah / median jalan; - kombinasi antara di kiri dan kanan berhadapan dengan di bagian tengah / median jalan; - katenasi (di bagian tengah jalan dg sistem digantung)
Persimpangan	- dapat dilakukan dengan menggunakan lampu menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, di median jalan, diluar daerah persimpangan (dalam RUMIJA ataupun dalam RUWASJA)

**Gambar 5.** Tipikal Lampu Penerangan Terowongan Jalan Satu Arah

Dalam penelitian ini penulis menggunakan lumener pencahayaan dengan simulasi malam hari. Biasanya untuk penataan letak lampu penerangan jalan secara umum terlihat seperti pada tabel 3 diatas. Pada pencahayaan terowongan Senen-Atrium dilapangan terlihat pemasangan dan peletakan luminer lampu berada pada jalan satu arah disisi sebelah kiri maupun sisi sebelah kanan langit-langit pada zona dalam terowongan yang nampak, terlihat pada gambar 4 suasana pencahayaan terowongan Senen-Atrium ketika siang hari nampak menarik dipandang mata. Adapun data luminer lampu yang dipakai dalam perbandingan pencahayaan untuk lampu terowongan Senen-Atrium adalah menggunakan tiga Jenis LED CAVES 350 untuk 80Watt, 110Watt, dan 150Watt.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan berupa hasil simulasi menggunakan software Dialux 4.13 pada terowongan Senen-Atrium ini memakai perbandingan dengan menggunakan tiga jenis LED CAVES 350 dengan konsumsi daya 80 Watt, 110 Watt, dan 150 Watt, untuk bentuk dan konstruksi lampu dengan tanpa menggunakan tiang yang secara langsung menempel pada sisi sudut kiri dan sisi sudut kanan langit-langit terowongan seperti yang terlihat pada gambar 4 diatas [9]. Dengan distribusi pencahayaan yang tersebar secara merata pada setiap sisi dinding, sisi langit-langit maupun sisi lantai zona terowongan yang hasil simulasinya ditunjukkan pada gambar 6 berikut [13]. Bentuk simulasi terowongan dari Senen-Atrium dengan lebar 9 meter dan tinggi 5 meter serta panjang terowongan 585 meter. Diperoleh tabel 4 data hasil simulasi pada konsumsi daya luminer 80 Watt, 110 Watt, dan 150 Watt adalah 12112 lumen, 14557 lumen, dan 20426 lumen. Data dengan faktor koreksi (CF) ketiga luminer yaitu 1, dengan simulasi jarak antar luminer 14,6 meter dan jumlah simulasi lampu terpasang 40. Untuk hasil simulasi pencahayaan pada terowongan ini pada LED CAVES 350 dengan konsumsi daya 80 Watt yaitu 13 sampai dengan 69 Lux. Pada konsumsi daya 110 Watt yaitu 14 sampai dengan 81 Lux. Dan pada konsumsi daya 150 Watt adalah 21 hingga 115 Lux. Secara teoritik,

dalam aspek pencahayaan jalan khusus terowongan berdasarkan kuat pencahayaan tetap pada terowongan dengan tidak mengurangi kenyamanan dan keselamatan pengguna terowongan pada saat siang maupun malam hari. Dalam permenhub nomor PM 27 tahun 2018 dalam ayat 2 tentang alat penerangan jalan berupa nilai luminansi dengan mempertimbangkan luminansi di luar terowongan, pantulan cahaya dari dinding, resiko kesilauan, adaptasi pandangan pengemudi, serta volume dan kecepatan lalu lintas.



Gambar 6. Bentuk Simulasi Terowongan Senen-Atrium Dengan LED CAVES 350

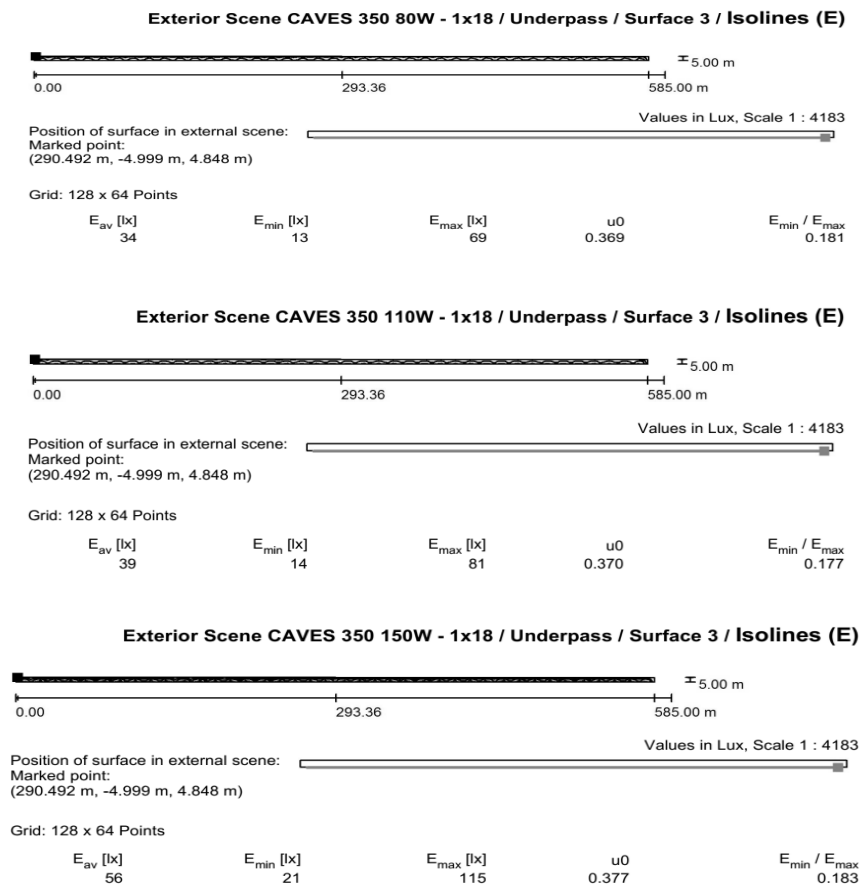
Dalam gambar 7 merupakan hasil simulasi menggunakan software Dialux 4.13 pada terowongan Senen-Atrium menggunakan tiga jenis LED CAVES 350 dengan daya 80 W, 110 W, dan 150 W. Dalam penggunaannya, Lampu LED kurang disarankan sebagai pencahayaan terowongan, karena begitu kompleks baik pada level warna cahaya, serta efikasinya [12] dan [13]. Untuk tingkat pencahayaan terowongan pada siang hari tentu sangat berbeda dengan pencahayaan pada malam hari. Adapun faktor yang berpengaruh terletak pada kontrol pencahayaan, kesilauan dan rasio pemerataan. Sedang pada malam hari lebih difokuskan sepenuhnya pada kendali pencahayaan buatan. Yang menjadi pertimbangan pada dasarnya mutu pencahayaan dalam terowongan minimal harus sama dengan pencahayaan di luar terowongan sesuai dengan tingkat kemerataannya. Pada simulasi ini hasil sebaran bidang jalan untuk LED CAVES 350 yang 80 W, 110 W, dan 150 W, yaitu 0,181 ; 0, 177 dan 0,183, dengan rasio simulasi 2,6 : 1 ; 2,8 : 1 ; dan 2,7 : 1.



Gambar 7. Teknik dan Aplikasi Pencahayaan Terowongan LED CAVES 350 (80W, 110W, 150W)



Gambar 8. Saat Simulasi Sebelum Dimasukkan Dalam Tahap Kalkulasi



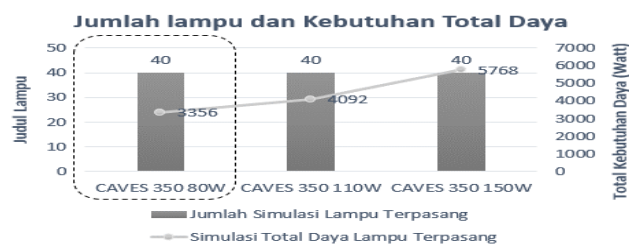
Gambar 9. Hasil Sebaran Bidang Jalan

Tabel 4. Tabel Rencana Lampu Underpass dan Bidang Underpass

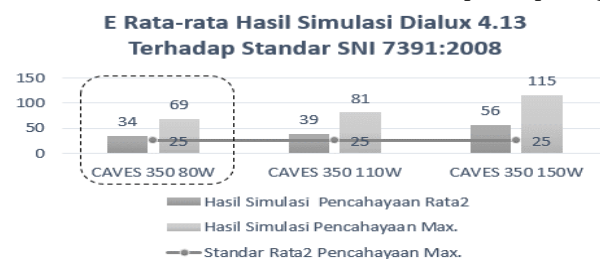
Jenis Lampu	Daya	Lumen	Faktor Koreksi	Tinggi Underpass	Lebar Jalan	Panjang Jalan Underpass
<i>Type Flood Light</i>	<i>(Watt)</i>	<i>(lm)</i>	<i>(CF)</i>	<i>Meter</i>	<i>Meter</i>	<i>Meter</i>
CAVES 350 80W	83,9	12112	1	5	9	585
CAVES 350 110W	102,3	14557	1	5	9	585
CAVES 350 150W	144,2	20426	1	5	9	585

Tabel 5. Rencana Jumlah Pemasangan Lampu *Underpass* dan Hasil Simulasinya Dengan Dialux 4.13

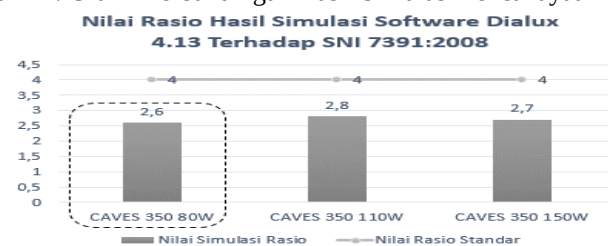
Jenis Lampu	Jumlah Simulasi Lampu Terpasang	Simulasi Jarak Antar Lampu	Simulasi Total Daya Lampu Terpasang	Hasil Simulasi Pencahayaan Min.	Hasil Simulasi Pencahayaan Max.	Standar Rata2 Pencahayaan Max.	Hasil Simulasi Pencahayaan Rata2	Hasil Simulasi Kemerataan	Simulasi Rasio
<i>Type Flood Light</i>	-	<i>Meter</i>	<i>Watt</i>	<i>E min</i>	<i>E max</i>	<i>E rata2</i>	<i>E rata2</i>	<i>Uniformity</i>	-
CAVES 350 80W	40	14,6	3356	13	69	25	34	0,181	2,6 : 1
CAVES 350 110W	40	14,6	4092	14	81	25	39	0,177	2,8 : 1
CAVES 350 150W	40	14,6	5768	21	115	25	56	0,183	2,7 : 1



Gambar 10. Grafik Jumlah Simulasi Lampu Terpasang



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pencahayaan Rata-Rata



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Simulasi Rasio LED CAVES 350

Batas atau acuan perbandingan untuk perancangan lampu terowongan yang disediakan yaitu lampu yang diuji dengan simulasi dengan perhitungan software Dialux 4.13, yaitu lampu tipe flood light CAVES 350 daya 80W, 110W, dan 150W. Pemasangan desain lampu disesuaikan dengan referensi SNI 7391:2008. Perhitungan jumlah lampu yang dipasang mengacu pada jarak lebih dari 34 meter, sehingga mendapatkan jumlah lampu yang dipasang 18 (mengacu tabel dengan pemasangan lampu dengan tinggi 5 meter dan lebar jalan 9 meter). Lampu dipasang ditengah jalan sesuai yang diperbolehkan SNI secara horizontal. Dengan jarak yang sama yang disimulasi dengan jumlah lampu yang sama pada setiap lampu. Batasannya sesuai dengan SNI 7391:2008 dengan mengacu aturan kualitas pencahayaan normal E rata-rata, batasan kuat pencahayaan pada

terowongan, dan rasio pemerataan pencahayaan. Dari ketiga lampu yang dipilih yang paling ideal, yaitu CAVES 350 80W.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi pencahayaan terowongan Senen-Atrium pada malam hari menggunakan LED CAVES 350 80W, 110W, dan 150W dapat disimpulkan bahwa pemasangan desain lampu dengan referensi SNI 7391:2008. Perhitungan jumlah lampu yang dipasang mengacu pada jarak lebih dari 34 meter, sehingga mendapatkan jumlah lampu 18 buah (mengacu tabel dengan pemasangan lampu dengan tinggi 5 meter dan lebar jalan 9 meter. Lampu dipasang ditengah jalan sesuai yang diperbolehkan SNI secara horizontal. Dengan jarak yang sama yang disimulasi dengan jumlah lampu yang sama pada setiap lampu. Batasannya sesuai SNI 7391:2008 mengacu pada aturan kualitas pencahayaan normal E rata-rata, batasan kuat pencahayaan pada terowongan, dan rasio pemerataan pencahayaan. Dari ketiga lampu yang dipilih paling ideal, yaitu CAVES 350 80W, dengan menentukan rujukan dari penggunaan lampu, yang disesuaikan dengan tiga Batasan sesuai SNI 7391:2008 diatas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Akhir kata, Penulis turut menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. DR. Ir. Iwa Garniwa M.K, MT, selaku Rektor Institut Teknologi PLN
2. Bapak Indrianto, selaku Kepala LPPM Institut Teknologi PLN
3. Ibu Erlina, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
4. Bapak Samsurizal, ST., MT, selaku Kepala Seksi Penelitian Institut Teknologi PLN
5. Bapak Wahyu Subagyo, ST, selaku Karyawan PT. Sumberdaya Sewatama, Divisi Learning and Development, yang telah banyak membantu saya beserta seluruh Tim yang telah memberi dukungan dan membantu terlaksananya penelitian dan atau artikel penulisan ini dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asnal Effendi, Aldifian M., "Perencanaan Penerangan Jalan Umum Jalan Lingkar Utara Kota Solok", Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Pardede (ITP), Volume 1, No.2, Sumatera Utara, 2012.
- [2] DongmeiShu, and Deying Gu Chungo Jing,, "Design of Streetlight Monitoring and Control System Based on Wireless Sensor Network", Second IEEE Conference on Industrial Electronic and Applications, Vol. 1—4244-0737-0, pp. 57-62, July 2007.
- [3] Fabio Leccese, "Remote Control System of High Efficiency and Intelligent Street Lighting Using a Zigbee Network of Devices and Sensors," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 28 No.1, January, pp. 21-28, 2013.
- [4] Gunawan Setia, (2017), "Studi Penggunaan Lampu LED Untuk Efisiensi Pada Pencahayaan Jalan Layang RE. Martadinata," E-Journal Kajian Teknik Elektro Vol.1 No.2, Penerbit Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta.
- [5] Hariono Mochammad, M. Jasa Afroni, Oktriza Melfazen, "Prototipe Kendali Beban Rumah Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328P Dengan Konsep IoT Sebagai Kendali Jarak Jauh", Jurnal Teknik Elektro, Universitas Islam Malang, 2018.
- [6] Hutajulu Albert Gifson, Tambunan Juara Mangapul, Husada Hendrianto, "Re-Planning of Tunnel Lighting Using 120 Watt Phillips LED with 150 Watt HPS-T at Tanjung Barat, South

- Jakarta”, The 1st International Conference on Innovation in Science, Health, and Technology of Gorontalo Negeri University, Sulawesi Utara Tengah, Desember 10-11, 2020.
- [7] Ilyas Achmad S, Sirait Bonar, Purwoharjono, “Rancang Bangun Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum Kota Sintang”, Jurnal Universitas Tanjungpura, 2015.
- [8] Iskandar Rusiana Handoko, Heryana Nana, ”Analisis Harmonik Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis LED Dengan Tegangan Bervariasi Dan Daya Konstan”, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani, Prosiding Seminar Ilmiah Nasional, Pascasarjana Universitas Pamulang, Jakarta, Juli 2017.
- [9] Komite Teknis Subkomite Teknis 91-01-S2, Gugus Kerja Litbang Sistem dan Teknik Lalu Lintas Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “PEDOMAN Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil : Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki”, dari SE Kementerian PUPR, No.02/SE/M/2018, Tanggal 26 Februari 2018, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [10] Nuralam, “Prototype Sistem Monitoring Intensitas Cahaya Secara Real Time Berbasis Lifa Sebagai Alat Uji Lingkungan Standar Kecukupan Penerangan”, Jurnal Teknik Elektro Orbith Politeknik Negeri Jakarta, UI, Vol.13 No.1, Hal 36-42, Maret 2017.
- [11] Rukmana Ade, Wiharso Tri Arif, Nopitasari Evi, “Rancang Bangun Prototype Lampu Cerdas Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Cahaya BH-1750 FVI Dan Sensor PIR Untuk Ruang Laboratorium”, Jurnal Teknik Elektro Universitas Garut, Jawa Barat, Vol.10 No.1 Januari 2019.
- [12] Setyaningsih Endah, Pragantha Jeanny, “Analisis Pencahayaan Malam Hari Terowongan Pasar Rebo Jakarta Timur”, Jurnal Tesla Vol.19, No.1 Maret 2017, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tarumanagara, Jakarta, 2017.
- [13] Setyaningsih Endah, Pragantha Jeanny, Mangkuto Rizki A, “Simulasi Pencahayaan Terowongan Tomang Siang Hari Menggunakan Lampu Led,” Jurnal Tesla Vol.20, No.1 Maret 2018, Jurnal Teknik Elektro Universitas Tarumanagara, Jakarta, 2018.
- [14] Sudibyo S Harry, Amelinda Arum, Gunawan Wibisono, “Rancang Bangun Sistem Lampu Jalan Pintar Nirkabel Berbasis Teknologi Zigbee”, Jurnal Tesla Vol.17 No.1, Maret 2015, Jurnal Tesla Teknik Elektro Universitas Tarumanagara, Jakarta., 2015.
- [15] Widianoro Bayu, Widjaja Robert R, Nugroho Adi, “Pengaruh Pencahayaan Pada Bangunan di Malam Hari Terhadap Pembentukan Persepsi Pengguna Jalan di Kawasan Retail Kota Semarang”, Prosiding Temu Ilmiah IPLBI, Unika Soegijapranata, 2015.