

Studi Kasus Penerangan Jalan Umum Berdasarkan Kriteria Teknis Dan Penghematan Energi

ZULFADLURRAHMAN RANGGA A^{1*}, SYAHRIAL¹

¹Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: ranggaape8@mhs.itenas.ac.id

Received 22 01 2024 | Revised 29 01 2024 | Accepted 29 01 2024

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kelayakan Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Raya Gading Tutuka Kecamatan Soreang Kabupaten Bandung. Teknologi penerangan jalan pada umumnya mengkonsumsi energi listrik yang cukup besar untuk dapat memenuhi standar pencahayaan yang dipersyaratkan. Pemakaian energi yang lebih efisien untuk Penerangan Jalan Umum (PJU) harus tetap mengacu kepada standar pencahayaan yang berlaku saat ini. Dalam studi ini, dilakukan survei pemakaian energi listrik terhadap Penerangan Jalan Umum (PJU) pada salah satu jalan arteri di wilayah Kabupaten Bandung, yang kemudian disimulasikan dengan perangkat lunak Dialux untuk dapat mengetahui penyebaran kuat pencahayaan. Untuk memenuhi standar kualitas pencahayaan normal berdasarkan SNI 7391 tahun 2008, penggunaan teknologi untuk PJU eksisting dapat dilakukan dengan menaikkan faktor kehilangan cahaya serta perubahan spesifikasi tiang. Pengurangan pemakaian energi dan suplai tenaga listrik dilakukan dengan pemakaian lampu berjenis LED. Potensi penghematan energi listrik yang dapat dicapai pada lokasi penelitian adalah sebesar 8.512 kWh/tahun atau selisih biaya nya Rp. 24.357.240.-/tahun.

Kata kunci: penerangan jalan umum, simulasi, standar, penghematan, energi

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the feasibility level of Public Street Lighting (PSL) on Jalan Raya Gading Tutuka, Soreang District, Bandung Regency. Street lighting technology generally consumes considerable electrical energy to be able to meet the required lighting standards. More efficient energy use for Public Street Lighting (PSL) must still refer to the current lighting standards. In this study, a survey of electrical energy consumption of PSL was conducted on one of the arterial roads in the Bandung Regency area, which was then simulated with Dialux software to be able to determine the strong distribution of lighting. To meet normal lighting quality standards based on SNI 7391 of 2008, the use of technology for existing PSL can be done by increasing the light loss factor and changing pole specifications. Reducing energy consumption and electric power supply is done with the use of LED type lamps. The potential saving of electrical energy that can be achieved at the research location is 8.512 kWh / year or the difference in cost is Rp. 24.357.240.-/year.

Keywords: public street lighting, simulation, standard, savings, energy

1. PENDAHULUAN

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan/dipasang di kiri/kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (*intersection*), jalan layang (*interchange, overpass, fly over*), jembatan dan jalan di bawah tanah (*underpass, terowongan*) (**BSN SNI 7391, 2008**).

Penghematan energi melibatkan semua sektor, yaitu rumah tangga, perkantoran, perusahaan atau pabrik baik swasta maupun Badan Usaha Milik Negara (XYZ). Hal ini diperkuat dengan 5 kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah pada tahun 2012 yang salah satu kebijakannya adalah "Penghematan penggunaan listrik dan air di kantor pemerintah, pemda, XYZ, XYZ, dan penerangan jalan" (**XYZ, 1991**).

Kondisi Penerangan Jalan Umum (PJU) sebagian besar daerah belum menggunakan lampu LED. Tagihan rekeningnya merupakan golongan tarif P3/TR ditentukan berdasarkan keputusan direksi PT. XYZ nomor 335.K/010/DIR/2003 serta XYZ Tentang tarif listrik Penerangan Jalan Umum (PJU) No. 30 Tahun 2012 tentang tarif PJU, yang dihitung per titik lampu sesuai dengan jenis lampu yang digunakan (**PUIL, 2011**). Jelas kondisi ini cukup membebani APBD pemerintah daerah khususnya Kabupaten Bandung, karena jenis lampu yang digunakan kebanyakan masih menggunakan lampu jenis sodium yang mana penggunaan listrik nya lebih besar dibandingkan menggunakan lampu jenis LED.

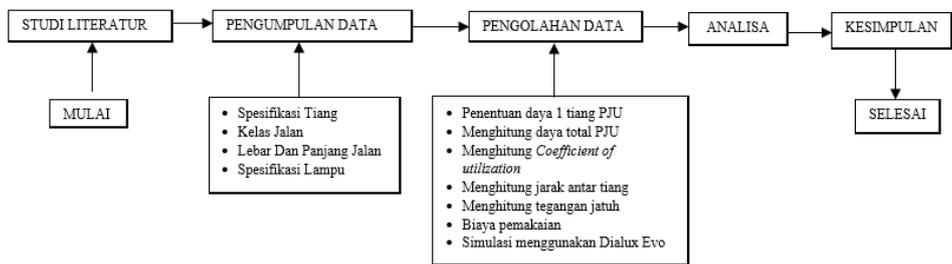
Perkembangan teknologi saat ini telah mengarahkan pemakaian lampu untuk PJU yang lebih efisien dan hemat energi (**Kusumayogo, Engga, Suyono, 2014**). Teknologi tersebut adalah melalui penggunaan lampu LED (Light Emitting Diode) beserta luminernya. Teknologi LED merupakan salah satu teknologi yang berkembang secara cepat dengan potensi penghematan energi yang signifikan. Dalam kondisi tertentu, lampu PJU yang menggunakan teknologi LED dapat mengurangi penggunaan energi hingga 60%. Keuntungan lain yang diperoleh dari efisiensi energi pada sistem PJU adalah untuk mendukung target pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Dengan menggunakan faktor emisi rata-rata jaringan nasional sebesar 0,762 kg CO₂e/kWh, diestimasikan sedikitnya sistem PJU Indonesia mengeluarkan emisi GRK sebesar 2,4 juta ton CO₂ setiap tahunnya (**Ahadi, Irsyad, Anggono, 2018**).

Pada tulisan ini akan dibahas mengenai pemakaian energi lampu PJU eksisting yang menggunakan teknologi lampu SON T 250 W dibandingkan dengan dengan teknologi lampu LED. Untuk mengetahui pemakaian energi dan tingkat pemerataan cahaya pada kedua teknologi lampu tersebut, akan dilakukan pengukuran menggunakan simulasi dengan perangkat lunak. Hasil simulasi diharapkan dapat memperlihatkan potensi penghematan energi listrik yang dapat dicapai, dengan tetap menggunakan SNI nomor 7391 tahun 2008 sebagai acuan dalam menentukan kualitas pencahayaan normal.

2. METODOLOGI

Dalam proses penyusunan studi di XYZ. Penulis melakukan observasi lapangan, wawancara/diskusi, pengumpulan data, pengolahan data, dengan langkah-langkah sistematis

yang disusun dalam suatu metodologi penelitian. Adapun metodologi penelitian penyusunan laporan kerja praktek dijelaskan pada gambar diagram alir 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir

2.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan melakukan pencarian dan mempelajari materi-materi yang mendukung penyusunan studi ini, pencarian materi dilakukan dengan berbagai media diantaranya buku-buku, jurnal atau dokumen-dokumen perusahaan yang relevan dengan permasalahan yang sedang dikaji. Sehingga informasi yang didapatkan memperkuat sebuah argumentasi.

2.2 Pengumpulan Data

Dalam memperoleh data, proses penelitian perancangan penerangan jalan umum pada Jalan Raya Gading Tutuka, Soreang menggunakan software Dialux maka data yang diperoleh diantaranya:

1) jalan

Kelas jalan pada jalan raya gading tutuka merupakan jalan arteri dengan lebar 8 Meter pada satu ruas jalan dan memiliki dua ruas jalan dengan Panjang jalan yang dijadikan objek penelitian sepanjang 1,2 KM, memiliki median jalan dengan lebar 1,5 Meter serta lebar trotoarnya 2 Meter.

2) spesifikasi tiang

Tiang yang digunakan pada jalan raya gading tutuka merupakan tiang dengan tipe tiang ganda (T-type) dengan tinggi 11 Meter dan overhang 2,5 Meter.

3) lampu

Lampu yang digunakan berupa lampu LED 138 W Philips BGP284 LED240-4S/740 II DM11 D9 48/60S P dengan daya 138 Watt, initial luminous flux (system flux) sebesar 21120 lm, initial LED luminaire efficacy sebesar 153 lm/Watt (XYZ, 2023).

2.2 Persamaan

Dari data yang diperoleh penulis dapat melakukan perhitungan pada perancangan penerangan jalan umum menggunakan lampu LED pada Jalan Gading Tutuka sebagai berikut:

2.2.1. Fluks Cahaya

Fluks adalah garis-garis gaya (magnet dan listrik). Dalam optika, fluks cahaya berarti berkas cahaya atau jumlah energi cahaya yang menembus luas permukaan dan dinyatakan dalam energi cahaya per satuan waktu atau biasa disebut lumen, secara matematis maka dapat ditulis pada (1) sebagai berikut (Harten, Setiawan,1991):

$$E = \frac{Q}{T} \tag{1}$$

2.2.2. Intesitas Cahaya

Intesitas cahaya adalah arus cahaya dalam lumen yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam satu kerucut (cone) cahaya yang diemisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) dalam *steradian*, dinyatakan dengan satuan unit candela, secara matematis maka dapat ditulis pada (2) sebagai berikut (**Harten, Setiawan,1991**):

$$I = \frac{\phi}{W} \quad (2)$$

2.2.3. Menghitung Daya Total

Pada jalan Gading Tutuka terdapat 76 titik lampu yang terbagi menjadi 3 panel kelompok untuk panel 1 terdapat 13 titik lampu, panel 2 terdapat 13 titik lampu dan panel 3 terdapat 12 titik lampu dengan besar daya lampu sebesar 50 Watt, didapatkan jumlah total daya pada (3) sebagai berikut (**Harten, Setiawan,1991**):

$$P_L = \frac{\phi}{K} \quad (3)$$

2.2.4. Perhitungan Tegangan Jatuh

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) perhitungan tegangan jatuh (*drop voltage*) maksimal mencapai 5%, jika melebihi ketentuan maka ukuran kabel diperbesar, didapatkan persentase jatuh tegangan pada (4) sebagai berikut (**Harten, Setiawan,1991**):

$$\Delta V = 2 \cdot I \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi) \cdot l \quad (4)$$

2.2.5. Penentuan MCB

MCB digunakan untuk pemutus rangkaian listrik yang khusus memutuskan arus listrik pada tegangan kerja atau arus hubung singkat. Prinsip kerjanya adalah menutup dan membuka kontak yang menghubungkan arus listrik. Untuk menentukan kapasitas MCB yang digunakan pada (5) sebagai berikut (**Harten, Setiawan,1991**):

$$I = \frac{P1\phi}{VLN \cdot \cos \phi} \quad (5)$$

2.2.6. Perhitungan Energi dan Biaya Listrik XYZ Penerangan Jalan Umum

Energi listrik adalah jumlah daya listrik yang digunakan tiap satuan waktu. Besaran energi listrik yang digunakan dapat dihitung dengan pada (6) sebagai berikut (**Harten, Setiawan,1991**):

$$W = \frac{Pxt}{\cos \phi} \quad (6)$$

Tarif penerangan jalan umum termasuk tarif publik golongan P3. Tarif dasar untuk listrik PJU telah diatur dalam permen ESDM no.28 tahun 2016, yang mengatakan bahwa untuk tarif PJU adalah:

$$P3/TR = \text{biaya beban} + ((\text{daya dipakai kVAh}) \times \text{Rp. 1.699}) \quad (7)$$

Dengan biaya beban:

$$RM I = 40 (\text{jam nyala}) \times \text{daya tersambung (kVA)} \times \text{Rp. 1.699} \quad (8)$$

Besarnya daya yang terpakai adalah:

$$S = (P / \cos \phi) \quad (9)$$

Dan besarnya daya yang terpakai selama selang waktu tertentu adalah:

$$Sh = S \times t \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Intensitas Cahaya (Fluks Cahaya)

Dengan perhitungan fluks cahaya dan daya pada lampu, dimana adanya iluminasi 5,3 Lux, menggunakan tiang ganda dengan tinggi tiang 11 M, jarak antar tiang 30 M, MF 0,90, penyusutan 0,8.

$$\phi = \frac{E.W.S}{CU.MF.K} = \frac{5,3 \times 11 \times 30}{0,18 \times 0,90 \times 0,8} = 13495 \text{ lm}$$

Efikasi cahaya :

$$K = 153 \text{ lm/Watt}$$

Daya lampu :

$$PL = 13,495 / 153 = 88,2 \text{ W}$$

Didapat fluks dengan 13495 lm dan daya lampu 88, 2 Watt LED. Analisis daya lampu satu tiang 176 Watt melibatkan evaluasi kinerja lampu tersebut dalam memenuhi kebutuhan penerangan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam analisis ini antara lain intensitas cahaya, jarak penerangan, dan tingkat efisiensi energi. Dengan melakukan analisis daya lampu 88,2 Watt, dapat diketahui apakah daya tersebut memenuhi standar penerangan yang dibutuhkan, atau perlu dilakukan perubahan untuk mencapai standar tersebut. Hal ini penting untuk memastikan penerangan yang optimal dan efisien bagi kebutuhan tertentu.

3.2 Perhitungan Beban

Tabel 1 merupakan data-data beban yang terdapat pada Jalan Raya Gading Tutuka Soreang Kabupaten Bandung.

Tabel 1. Total daya keseluruhan

NO GROUP	LAMPU LED 138 WATT	BEBAN DALAM (WATT)		
		R	S	T
1	25	1740		
2	25		1740	
3	26	48		1740
JUMLAH	76	1740	1740	1740
TOTAL		10488 WATT		

Berdasarkan data Tabel 1 diambil dari jumlah setiap lampu sebesar 138 Watt yang dihitung setiap jumlah keseluruhan lampu dan dibagi menjadi *phase* RST yang menghasilkan total daya 10488 Watt. Analisis ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah beban listrik yang digunakan oleh seluruh lampu memenuhi kapasitas maksimal dari sumber tegangan yang tersedia dan dapat memastikan kinerja optimal dari sistem penerangan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam analisis ini antara lain jumlah lampu dan daya masing-masing lampu.

3.3 Perhitungan Tegangan Jatuh (*Drop Voltage*)

Toleransi *drop* sistem untuk penerangan 5% yaitu:

$$V = 138 \times 5 \% = 6,9 \text{ V}$$

Dengan tahanan jenis penghantar tembaga (ρ) = 0,0172 Ω

Penentuan kuat hantar arus:

$$I_L = \frac{10488}{\sqrt{3} \cdot 138 \cdot (0,95)} = 46,1 \text{ mA (4,61 A)}$$

$$I_r = I_L \times 125\% = 4,61 \times 125\% = 5,72 \text{ A}$$

Luas penampang kabel:

$$A = \frac{\sqrt{3 \times 0,0172 \times 1200 \times 5,76 \times 0,9}}{138 \times 5\%} = 26,85 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan yang didapatkan dipilih kabel dengan ukuran NYFGbY 4 x 4 mm².
Persentase jatuh tegangan:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3 \times 1200 \times 5,76 \times 0,0172 \times 0,9}}{26,85} = 6,9 \text{ V}$$

Persentase jatuh tegangan:

$$\% \Delta V = \frac{6,9}{380} \times 100\% = 1,81 \%$$

3.4 Perhitungan Penentuan MCB

Dengan daya total 10488 Watt, *power factor* 0,95 dan daya pertiang sebesar 380 Watt.

$$I_L = \frac{10488}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot (0,95)} = 16,7 \text{ A}$$

$$I_r = 16,7 \text{ A} \times 120\% = 20,04$$

Berdasarkan perhitungan berikut maka dipilih kapasitas MCB yang digunakan sebesar 20 Ampere.

3.5 Perhitungan Daya Listrik Dan Biaya

Energi yang digunakan tiap bulan untuk 76 lampu yaitu:

$$W = 138 \text{ Watt} \times 76 = 10488 \text{ Watt}$$

1 buah lampu LED 138 Watt x 12 jam = 1656 Wh

Jadi pemakaian perbulan yaitu daya perhari x 30:

$$1656 \times 30 = 49680 \text{ wh / bulan}$$

$$49680 \times 10^{-3} = 49 \text{ Kwh/ bulan}$$

Tarif yang digunakan untuk lampu pada rumah menurut aturan XYZ adalah termasuk golongan P3 dengan harga Rp 1,699- per kWh tanpa biaya beban.

$$49 \text{ kwh} \times 1.699 = \text{Rp } 83.251,-$$

Biaya pemakaian per bulan

$$30 \times \text{Rp } 83.251,- = \text{Rp } 2.497.530,-$$

Biaya pemakaian pertahun

$$12 \times \text{Rp } 2.497.530,- = \text{Rp } 29.970.360,-$$

3.6 Simulasi Menggunakan Dialux Evo

Perhitungan untuk mencari nilai iluminasi pada jalan raya gading tutuka dengan data yang ada yaitu:

Tinggi tiang = 11 Meter

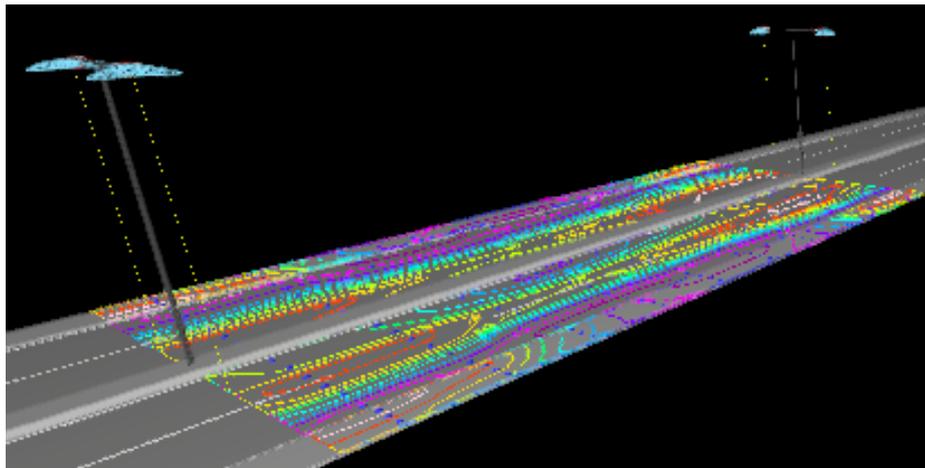
Overhang = 2,5 Meter

Lebar jalan = 8 Meter pada sisi kiri dan 8 Meter pada sisi kanan

Median = 1,5 Meter

Trotoar = 2 Meter

Pada gambar 2 ini merupakan tampilan hasil simulasi perangkat lunak Dialux:



Gambar 2. Hasil simulasi perangkat lunak Dialux

Nilai iluminansi cahaya pada Jalan Raya Gading Tutuka dapat dilihat dari gambar 3 berikut:

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
9.333	90.07	77.41	57.76	43.05	35.83	35.83	43.05	57.76	77.41	90.07
8.000	79.76	69.34	52.52	40.43	34.43	34.43	40.43	52.52	69.34	79.76
6.667	70.28	63.13	48.91	38.60	34.01	34.01	38.60	48.91	63.13	70.28
5.333	66.76	61.37	48.79	39.84	35.29	35.29	39.84	48.79	61.37	66.76
4.000	65.07	60.84	49.97	42.25	38.30	38.30	42.25	49.97	60.84	65.07
2.667	63.32	60.03	51.02	44.91	41.67	41.67	44.91	51.02	60.03	63.32

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

Gambar 3. Hasil nilai iluminansi pada lampu LED

Hasil dari perbandingan rata-rata nilai iluminansi yang didapatkan antara desain lampu sodium dan desain lampu LED:

Tabel 2. Hasil dari perbandingan rata-rata nilai iluminansi

Design	Average Illumination		
	Left Sidewalk	Roadway	Right Sidewalk
Design Sodium	28,16	53,2	28,16
Design LED	32,71	53,5	32,61
National Standard 7391:2008	1-4 lx	3-7 lx	1-4 lx
Conclusion	Meeting the standard	Meeting the standard	Meeting the standard

3.6 Analisis

1. Daya lampu yang dibutuhkan setiap satu tiang sebesar 276 Watt.
2. Total daya yang terpasang sebesar 10488 W atau 10,488 kW.
3. Jenis kabel yang dipilih untuk saluran yang dialiri arus sebesar 5,76 A dipilih kabel tipe NYFGbY ukuran 4 x 4 mm²
4. Persentase tegangan jatuh sebesar 1,81% dari batas yang disarankan yaitu sebesar 5%.
5. Kapasitas MCB yang digunakan pada design lampu LED yaitu sebesar 20 Ampere.
6. Didapatkan intensitas cahaya dari lampu penerangan jalan umum yaitu 1680,19 Cd dengan efikasi cahaya pada lampu penerangan jalan umum sebesar 153 lm/Watt.
7. Biaya operasional yang dibutuhkan perbulan sebesar Rp 2.497.530,- atau Rp. 29.970.360,- pertahun.
8. Nilai penghematan dari penggunaan lampu jenis LED dengan selisih sebesar RP. 24.357.240,-/tahun, dengan selisih total daya yang terpasang yaitu sebesar 8,512 KW.
9. Dengan melakukan simulasi menggunakan *software* Dialux evo untuk mencari nilai Iluminasi maka nilai yang didapat sudah sesuai dengan standar 7031:2008 mengenai spesifikasi penerangan jalan umum.

4. KESIMPULAN

Dari hasil studi yang telah dilakukan dan berdasarkan perhitungan dapat disimpulkan:

1. Spesifikasi penerangan jalan umum dapat mencakup beberapa aspek, spesifikasi yang digunakan pada instalasi penerangan jalan umum menggunakan Tiang ganda dengan tinggi 11 meter dan overhang 2,5 meter yang diletakan pada median jalan dengan tiang sebanyak 41 unit. Lampu yang digunakan yaitu jenis LED dengan daya pada setiap satu tiang yaitu sebesar 276 Watt karena satu tiang terdiri dari 2 sumber lampu, yang mana 1 lampu mempunyai daya 138 Watt, total daya yang terpasang yaitu sebesar 10.488 KW dengan kabel yang digunakan tipe NYFGbY 4 x 4 mm², dan persentase jatuh tegangannya sebesar 1,81% dari batas yang disarankan yaitu 5%. Lalu untuk jenis MCB yang digunakan sebesar 20 ampere.
2. Dari hasil perhitungan yang didapatkan untuk pemilihan daya lampu untuk penerangan jalan umum dengan intensitas penerangan didapatkan nilai I= 1680,19 Cd. Dengan efikasi cahaya pada penerangan jalan umum yaitu sebesar 153 lm/Watt yang dapat dilihat pada datasheet lampu. Dengan melihat standar yang ada maka pemilihan lampu tersebut masih dalam kondisi memenuhi standar.
3. Dengan daya yang terpasang sebesar 10.488 KW, biaya operasional yang dibutuhkan perbulan sebesar Rp 2.497.530,- dengan total Rp. 29.970.360 ,- pertahun. Potensi nilai penghematan dari penggunaan lampu jenis LED dengan selisih sebesar RP. 24.357.240,-/tahun, dengan selisih total daya yang terpasang yaitu sebesar 8.512 KW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak terkait yang sudah membantu penulis untuk penelitian ini. Terutama kepada pihak XYZ beserta pihak terkait atas arahan dan bimbingan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atzori, L., & Andreas. (2012). Performance Analysis of Fractal Modulation Transmission over Fast Fading Wireless Channels. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 48(2), 103 - 110.
- Bohmer, M. (2012). *Beginning Android ADK with Arduino*. Newyork: Apress.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008). *SNI 7391 Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*, Jakarta:BSN.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1991). *Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan*, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. DirJen Ketenagalistrikan.
- Kusumayogo, Engga and Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D, - and Unggul Wibawa, Ir., M.Sc., (2014) *Analisis Teknis Dan Ekonomis Penerapan Penerangan Jalan Umum Solar Cell Untuk Kebutuhan Penerangan Di Jalan Tol Darmo Surabaya*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Khalif Ahadi, M. Indra Al-Irsyad, Tri Anggono (2018) *Simulasi Potensi Penghematan Energi Listrik Pada Penerangan Jalan Umum Dengan Menggunakan Teknologi Lampu LED*. Puslitbangtek Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi.
- Harten P. Van and Ir. E. Setiawan. (1991). *INSTALASI LISTRIK ARUS KUAT JILID 2*, Bandung., Binacipta.
- Phillips lighting "LED 138 W Philips BGP284 LED240-4S/740 II DM11 D9 48/60S P" datasheet, Feb.2023.