

Simulasi Desain Pencahayaan Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Dialux Evo 11 di Proyek Marunda

Rizky Budiman Iskandar¹, Elfirza Rosiana², Abdurahman³, Edy Sumarno⁴

Program Studi Teknik Elektro,

Fakultas Teknik,

Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

¹rzk.budimani@gmail.com, ²dosen00689@unpam.ac.id, ³dosen00943@unpam.ac.id,

⁴dosen00591@unpam.ac.id

Abstrak

Lampu penerangan jalan umum (PJU) merupakan fasilitas publik yang diperlukan masyarakat untuk penerangan di jalan, khususnya pada malam hari. Namun, kadangkala terdapat beberapa lokasi dimana lampu PJU yang telah terpasang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini dapat membahayakan pejalan kaki dan pengendara pada malam hari yang memiliki jarak penglihatan rendah. Oleh karena itu, diperlukan desain pencahayaan lampu untuk pemasangan PJU yang sesuai dengan SNI 7391:2008. Jalan Marunda merupakan kelas jalan kolektor yang memiliki dua tipe jalan. Tipe 1 memiliki panjang 2.515 m dan lebar 14 m. Sedangkan tipe 2 memiliki panjang 840 m dan lebar 8 m. Perencanaan PJU sudah memenuhi standar dengan spesifikasi lampu yang dipasang dengan ketinggian 9 m, jarak antar tiang tipe 1 adalah 40 m dan tipe 2 adalah 50 m. Jumlah tiang dan titik lampu 162 buah, satu lengan dengan daya lampu 55 watt. Dari hasil simulasi diperoleh iluminasi untuk tipe 1 dengan jarak 40 m dan lebar 14 m sebesar 16 lux dan tipe 2 dengan jarak 50 m dan lebar 8 m sebesar 15,3 lux. Kebutuhan daya listrik adalah 8,91 kW dan konsumsi energi listriknya sebesar 3.207 kWh per bulan dengan durasi nyala lampu PJU dari pukul 17.00 hingga 05.00. Perhitungan tarif listrik perencanaan PJU di Jalan Marunda perbulan Rp. 3.566.184,-.

Kata kunci: Lampu penerangan jalan umum (PJU), SNI 7391:2008, Dialux evo 11, desain pencahayaan jalan, iluminansi rata-rata, konsumsi energi.

Abstract

This study addresses the adequacy of public street lighting (PJU) as an essential public facility for night time road illumination. In several locations, installed PJUs do not comply with the applicable standard, potentially endangering pedestrians and riders due to low visibility. Accordingly, a lighting design compliant with SNI 7391:2008 was developed and evaluated using Dialux evo 11. The case study is Marunda Road, a collector road consisting of two segments. Type 1 is 2,515 m long and 14 m wide, while type 2 is 840 m long and 8 m wide. The final design meets the standard with luminaires mounted at 9 m; pole spacing is 40 m for Type 1 and 50 m for Type 2. The installation comprises 162 poles/lighting points, each using a single-arm luminaire with 55 W lamp power. Simulation results show average illuminance of 16 lux for type 1 with 40 m spacing; 14 m width and 15.3 lux for type 2 with 50 m spacing; 8 m width). The total connected load is 8.91 kW. Assuming operation from 17:00 to 05:00, the

monthly electrical energy consumption is 3,207 kWh. The estimated monthly electricity cost for Marunda Road is Rp 3,566,184,-.

Keywords: Public street lighting (PJU), SNI 7391:2008, Dialux evo 11, average illuminance, energy consumption.

1. Pendahuluan

Penerangan merupakan salah satu penggunaan listrik yang paling umum di masyarakat. Kemajuan dalam mobilitas masyarakat menyebabkan semua kegiatan membutuhkan penerangan, seperti jalan raya dan jalan umum [1]. Lampu penerangan jalan umum (PJU) merupakan salah satu fasilitas publik yang sangat diperlukan oleh pengguna jalan untuk memberikan penerangan di jalan, khususnya pada malam hari [2]. Penerangan ini akan meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan [3].

Dalam perancangan sistem penerangan jalan umum (PJU), terdapat beberapa aspek teknis yang perlu diperhatikan, antara lain tingkat luminansi, keseragaman pencahayaan, efisiensi energi, serta pemilihan armatur dan penempatan tiang lampu yang sesuai. Standar nasional Indonesia (SNI) 7391:2008 berfungsi sebagai pedoman utama dalam menyusun spesifikasi teknis PJU di area perkotaan. Standar ini mencakup berbagai kriteria teknis, termasuk nilai luminansi minimum dan maksimum, tingkat uniformitas pencahayaan, serta ambang batas silau yang diperbolehkan. Selain itu, *British standard* (BS) EN 13201:2015 dapat dijadikan referensi tambahan yang mempertimbangkan kemajuan teknologi dan praktik internasional dalam sistem pencahayaan jalan.

Marunda termasuk kawasan di Jakarta yang cukup ramai, penerangan jalan yang optimal sangat diperlukan untuk mengurangi tingkat kecelakaan [4] dan mendukung mobilitas masyarakat [5]. Perancangan sistem PJU harus memperhatikan beberapa aspek antara lain, keseragaman pencahayaan, tingkat luminasi dan efisiensi energi. Namun, masih terdapat beberapa daerah dimana lampu PJU yang telah terpasang belum sesuai dengan standar yang telah ditetapkan untuk penerangan jalan di kawasan perkotaan, yaitu SNI 7391:2008 [6]. Hal ini dapat membahayakan pejalan kaki di pedestrian dan pengendara pada malam hari yang memiliki jarak penglihatan yang lebih rendah [7].

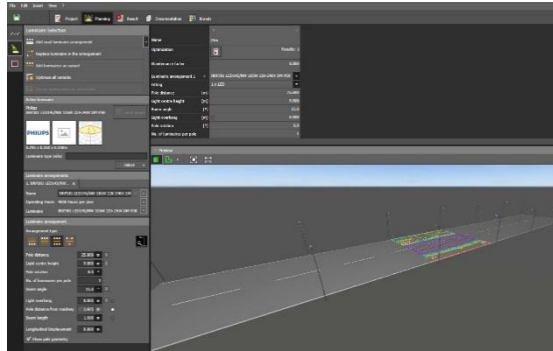
Berdasarkan penelitian sebelumnya desain penerangan sangat optimal menggunakan perangkat lunak Dialux Evo [8][9]. Perencanaan dan penataan PJU telah dilakukan [3]. Penelitian sebelumnya belum dilengkapi dengan perhitungan manual, analisis keperluan energi dan biaya. Dalam mengatasi masalah tersebut, penulis melakukan perencanaan dan simulasi sistem PJU menggunakan perangkat lunak DIALux evo 11 yang dilengkapi dengan perhitungan manual, analisis kebutuhan energi, dan estimasi biaya agar hasilnya tidak hanya memenuhi standar (SNI) Standard nasional Indonesia nomor 7391:2008 dan *British Standard* BS-EN-13201-2015, tetapi juga realistis secara teknis dan ekonomis. Desain ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas penerangan jalan, serta memberikan kenyamanan dan keamanan yang lebih baik bagi masyarakat pengguna jalan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Dialux Evo

Dialux Evo adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk perancangan pencahayaan dalam desain interior dan eksterior [10]. Perangkat lunak ini memiliki fitur

simulasi yang dapat membantu pengguna memvisualisasikan hasil rancangannya dan memastikan bahwa pencahayaan yang direncanakan telah sesuai dengan yang diinginkan dan dibutuhkan. Selain itu, perangkat ini memungkinkan pengguna menganalisis dampak pencahayaan terhadap lingkungan dan konsumsi energi, sehingga pengguna dapat membuat desain yang ramah lingkungan.



Gambar 1. Tampilan perangkat lunak Dialux Evo 11

2.2. Daya Listrik

Daya listrik merupakan besaran turunan yang menunjukkan tingkat konsumsi energi dalam suatu rangkaian listrik. Daya listrik mengindikasikan jumlah energi yang digunakan dalam setiap detiknya. Satuannya adalah Watt, yang setara dengan penggunaan energi sebesar 1 Joule per detik [15].

$$P = \frac{E}{t} \quad (1)$$

dimana P adalah Daya Listrik (watt), E adalah Energi (joule), dan t adalah waktu (detik) [15].

Daya listrik terbagi menjadi 3, yaitu:

1. Daya nyata atau daya aktif (W)

Daya nyata adalah daya yang sebenarnya dibutuhkan oleh beban. Daya ini dihasilkan dari hasil perkalian daya semu dengan faktor daya. Nilai daya aktif akan menurun karena adanya beban listrik yang menghasilkan daya reaktif.

$$P = VxIxcos\phi \quad (2)$$

dimana P adalah daya aktif, V adalah tegangan dan I adalah arus listrik, dan $cos\phi$ adalah faktor daya.

2. Daya Semu (VA)

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan dari perhitungan listrik sebelum beban listrik diterapkan. Beban yang memiliki sifat daya semu adalah beban yang resistif (R). Perangkat listrik atau beban pada rangkaian listrik yang resistif tidak dapat dihemat karena tegangan dan arus listrik memiliki faktor daya sebesar 1.

$$S = VxI \quad (3)$$

dimana S adalah daya semu (VA), V adalah tegangan (V), dan I adalah arus listrik (A).

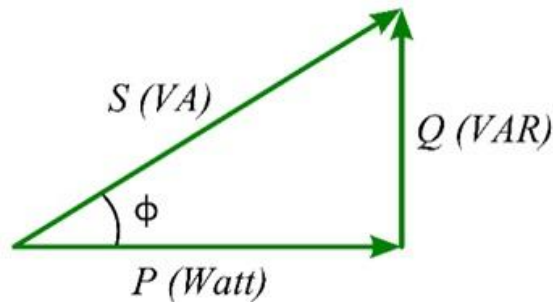
3. Daya Reaktif (VAR)

Daya Reaktif adalah jenis daya yang dapat menyebabkan kerugian daya dan dapat menyebabkan penurunan faktor daya. Satuan untuk daya reaktif adalah VAR (Volt

Amper Reaktif). Untuk menghemat daya reaktif, kapasitor dapat dipasang pada rangkaian yang memiliki beban induktif.

$$Q = \sqrt{(S^2 - P^2)} \quad (4)$$

dimana Q adalah daya reaktif, S adalah daya semu, dan P adalah daya aktif.



Gambar 2. Segitiga daya

2.3. Lampu LED

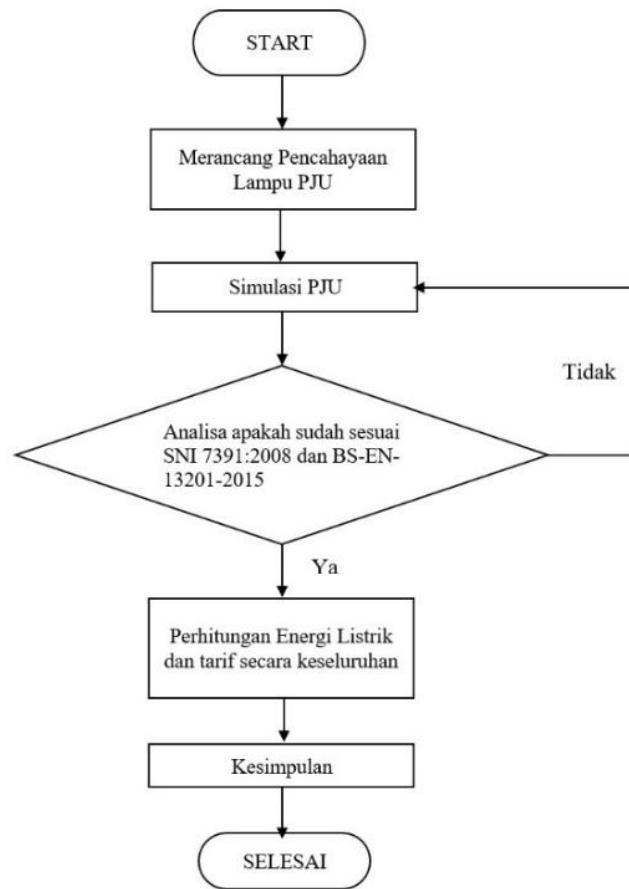
Lampu *light emitting diode* (LED) merupakan jenis lampu yang menggunakan teknologi dioda untuk menghasilkan cahaya. Lampu LED memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu jenis lain, seperti daya tahan yang lebih lama, efisiensi yang lebih tinggi, dan tidak mengeluarkan panas yang berlebihan [11]. Lampu LED umumnya digunakan untuk pencahayaan di rumah, kantor, atau bangunan lainnya. Selain itu, lampu LED juga dapat menghasilkan cahaya dengan warna yang dapat diatur sesuai kebutuhan, sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pencahayaan panggung, penerangan tanda, dan lainnya. Kelebihan lain dari lampu LED adalah dapat menghemat energi dibandingkan dengan lampu jenis lainnya [12].

3. Metode Penelitian

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan pertama penelitian adalah studi literatur [13]. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data dengan cara pengukuran dan pengamatan langsung ke lapangan oleh *surveyor* untuk mengetahui data panjang dan lebar dari proyek jalan Marunda. Setelah data diperoleh akan diterjemahkan ke dalam bentuk denah gambar untuk dilakukan perencanaan lampu PJU. Setelah perancangan selesai maka akan dibandingkan dengan SNI 7391:2008 dan BS-EN-13201-2015. Jika hasil analisisnya masih tidak sesuai, maka akan dilakukan simulasi ulang dengan mengubah beberapa parameter. Jika hasil analisisnya sudah sesuai, maka akan dilanjutkan dengan perhitungan energi listrik dan tarif listrik secara keseluruhan dari proyek jalan Marunda.

Metode penelitian ini dilakukan dengan melakukan simulasi penerangan dengan menggunakan perangkat lunak Dialux evo 11 untuk mengetahui kebutuhan lux dan cd dari jalan. Kemudian hasil simulasi dibandingkan dengan SNI 7391:2008 dan BS-EN-13201-2015 untuk mengetahui jalan tersebut sesuai standar atau tidak, serta melakukan perhitungan beban keseluruhan dan tarif penggunaan energi.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.2. Data Jalan Proyek Marunda

Data dimensi jalan untuk perancangan pencahayaan lampu PJU ditentukan berdasarkan hasil survei. Pengambilan data dimensi jalan dilakukan dengan metode pengukuran langsung ke jalan tersebut hingga kemudian diperoleh data panjang dan data lebar. Data tersebut akan digunakan sebagai dasar acuan dalam perhitungan secara aspek teknis yang kemudian disesuaikan dengan SNI 7391 2008. Data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi jalan proyek Marunda

Dimensi	Tipe 1	Tipe 2
Panjang (m)	2515	840
Lebar (m)	14	8

Panjang jalan proyek marunda yang akan disimulasikan untuk tujuan perencanaan lampu penerangan PJU adalah panjang 2.515 m dan lebarnya 14 m untuk tipe 1 sedangkan jalan tipe 2 panjangnya 840 m dengan lebar 8 m.



Gambar 4. Peta lokasi proyek Marunda

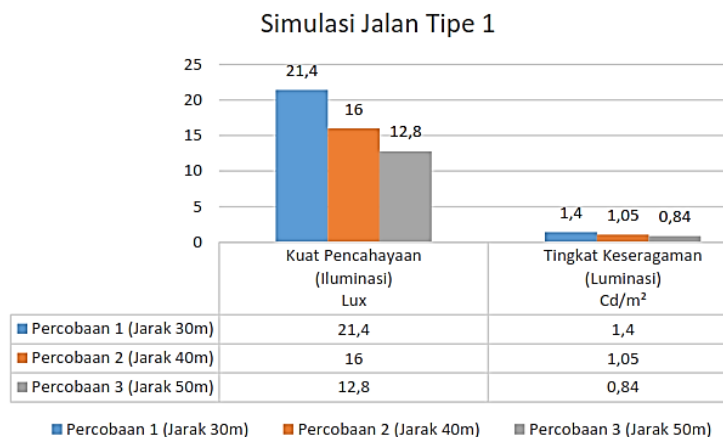
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Penentuan Tinggi Tiang dan Jenis Lampu

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Pasal 46 [14], untuk jalan kolektor, ketinggian tiang paling rendah 7 meter. Mengacu pada beberapa proyek yang sedang berjalan, rapat dengan klien dan proyek yang sudah dikerjakan sebelumnya, dengan mempertimbangkan pemerataan cahaya dan optimasi jumlah tiang lampu ditetapkan tinggi tiang lampu adalah 9 meter. Data lampu yang akan digunakan berdasarkan hasil rapat dengan client dan juga pertimbangan rendah daya dan jenis lampu, yaitu BRP381 LED 75/NW dengan Fluks cahaya 7.500 lm dan Daya 55W.

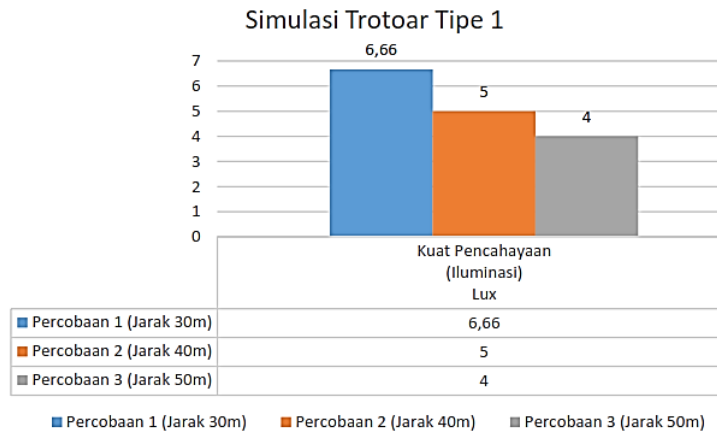
4.2. Perancangan PJU dengan Dialux Evo 11 untuk Jalan Tipe 1

Proyek Marunda mempunyai dua tipe jalan, yaitu lebar 14 m dan lebar 8 m. Percobaan perancangan PJU Tipe 1 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simulasi jalan tipe 1

Pada Gambar 5 terlihat hasil dari tiga percobaan untuk area jalan antara jarak 30m sampai 50m. Setelah dibandingkan dengan standar SNI 7391:2008, diantara tiga percobaan yang paling mendekati adalah percobaan ke-2 dengan jarak antar tiang 40 m. Percobaan ke-2 menghasilkan kuat pencahayaan (iluminasi) 16 lux dan tingkat keseragaman (luminasi) 1,05 cd/m².

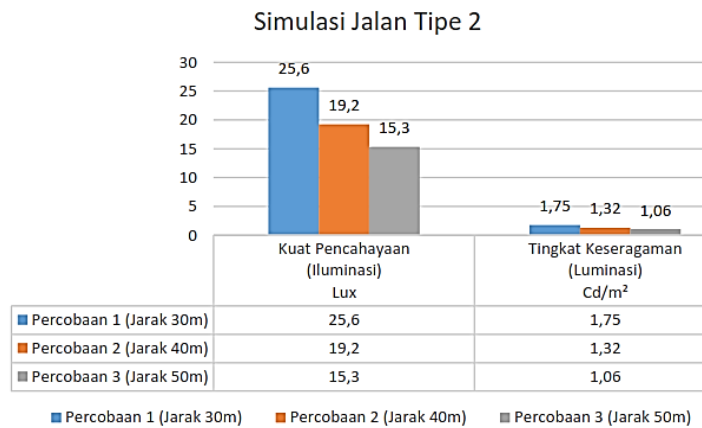


Gambar 6. Hasil simulasi trotoar tipe 1

Pada Gambar 6 terlihat hasil dari tiga percobaan untuk area jalan antara jarak 30 m hingga 50 m. Setelah dibandingkan dengan standar SNI 7391:2008, diantara tiga percobaan yang paling mendekati adalah percobaan ke-2 dengan jarak antar tiang 40m. Percobaan ke-2 menghasilkan kuat pencahayaan (iluminasi) 5 lux.

4.3. Perancangan PJU dengan Dialux Evo 11 untuk Jalan Tipe 2

Dari perancangan PJU tipe 2 dengan lebar jalan 8 m dengan percobaan jarak 30 m, 40 m, dan 50 m, didapatkan percobaan paling mendekati dengan standar SNI 7391:2008 adalah percobaan dengan jarak antar tiang 50 m, kuat pencahayaan 15,3 lux, dan tingkat keseragaman 1,06 cd/m².



Gambar 7. Hasil simulasi jalan tipe 2

Adapun hasil simulasi trotoar tipe 2, percobaan dengan jarak antar tiang 50 m yang paling mendekati standar SNI 7391:2008, dengan kuat pencahayaan 7,31 lux.

Hasil dari perhitungan dan simulasi dengan Dialux evo 11 di proyek Marunda menghasilkan jarak tiang tipe 1, yaitu 40 m dan jarak antar tiang tipe 2, yaitu 50 m. Oleh karena itu, jumlah titik lampu yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{L}{S} + 1$$

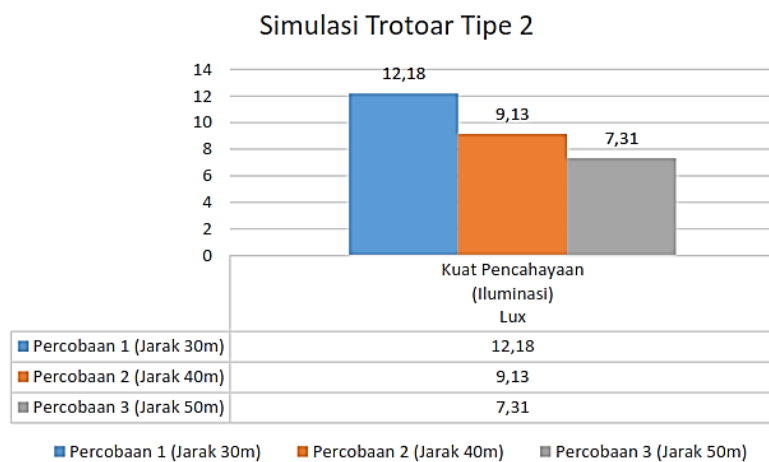
Tipe 1 total panjang jalannya adalah 2.515 m dan tipe 2 total panjang jalannya adalah 840 m. Perhitungan kebutuhan lampu tipe 1 adalah:

$$T = \frac{2515}{40} + 1 = 64 \text{ buah}$$

Karena posisi lampu kiri kanan jalan, maka $T = 64 \text{ buah} \times 2 = 128 \text{ buah}$. Terdapat dua pertigaan untuk tipe jalan 1, sehingga $128 - 2 = 126 \text{ buah}$ lampu, sedangkan panjang jalan tipe 2 (L) = 840 m dan jarak antar tiang adalah 50 m, maka:

$$T = \frac{840}{50} + 1 = 18 \text{ buah}$$

Karena posisi lampu kiri dan kanan jalan, maka $T = 18 \text{ buah} \times 2 = 36 \text{ buah}$. Total kebutuhan lampu keseluruhan tipe 1 dan tipe 2 adalah 162 buah.



Gambar 8. Hasil simulasi trotoar tipe 2

4.4. Menghitung Energi Listrik dan Tarif Listrik

Dengan melakukan perhitungan energi listrik dan tarif listrik secara keseluruhan, perusahaan atau organisasi tersebut dapat menentukan jumlah beban yang tepat sesuai dengan kebutuhan dan tujuan kegiatan, serta tarif yang sesuai dengan biaya yang dikeluarkan. Penggunaan listrik yang tidak sesuai berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan setiap bulannya, pengaturan nyala dan padam dari lampu diatur lewat *time switch* yang diset menyala selama 12 jam. Energi yang terpakai dapat dihitung dengan:

1. Perhitungan Energi Listrik [16].

$$P_{total} = P \times N = 55 \times 1 = 8.910 \text{ Watt}$$

dimana:

P_{total} = Daya lampu total (W)

P = Daya lampu (W)

N = Jumlah lampu

Dalam sebulan diperkirakan pemakaian sebanyak 360 jam, maka total jumlah konsumsi daya nyata adalah:

$$P_{bulan} = P_{total} \times t = 8.910 \times 360 = 3.207 \text{ kWh/bulan}$$

dimana P_{bulan} adalah total daya lampu tiap bulan (kWh/bulan), P_{total} adalah total daya lampu (W) dan t adalah waktu menyala (jam/bulan).

2. Perhitungan Tarif Listrik [16].

$$\begin{aligned}
 T_{bulan} &= P_{bulan} \times \text{Tarif} \\
 &= 3.207 \times 1.112 \\
 &= 3.566.284
 \end{aligned}$$

dimana:

T_{bulan} = Biaya tiap bulan

P_{bulan} = Total daya lampu tiap bulan (kWh/bulan)

Tarif = Biaya per kWh

Jadi dalam satu bulan, tarif listrik yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 3.566.184,-.

**TARIF TENAGA LISTRIK
UNTUK KEPERLUAN INDUSTRI**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	I-1/TR	450 VA	26.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh :160 Blok II : di atas 30 kWh :395	485
2.	I-1/TR	900 VA	31.500	Blok I : 0 s.d. 72 kWh :315 Blok II : di atas 72 kWh :405	600
3.	I-1/TR	1.300 VA	*)	930	930
4.	I-1/TR	2.200 VA	*)	960	960
5.	I-1/TR	3.500 VA s.d. 14 kVA	*)	1.112	1.112
6.	I-2/TR	di atas 14 kVA s.d. 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 972 Blok LWBP = 972 kVArh = 1.057****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.115 Blok LWBP = 1.115 kVArh = 1.200 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan LWBP = 1.191 kVArh = 1.191 ****)	-
Catatan : *) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$ **) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$ ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$ Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung. ****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus). K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). WBP : Waktu Beban Puncak. LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.					

Gambar 9. Tarif listrik

5. Kesimpulan

Perancangan pencahayaan lampu PJU di proyek Marunda telah dilakukan, melibatkan kebutuhan pencahayaan, pemilihan jenis lampu, tinggi tiang, perencanaan letak lampu dan perhitungan jumlah lampu. Dari hasil simulasi dengan membandingkan dengan SNI 7391:2008 dan BS-EN-13201-2015 didapatkan hasil kebutuhan lux dan cd dari PJU yang sesuai adalah 16 lux dan 1,05 cd untuk jalan tipe 1. Kebutuhan jalan tipe 2 adalah 15,3 lux, 1,06 cd, trotoar tipe 1 adalah 5 lux dan trotoar tipe 2 adalah 7,31 lux. Kebutuhan daya listrik adalah 8,91 kW dan konsumsi energi listriknya sebesar 3.207 kWh per bulan dengan durasi nyala lampu PJU dari pukul 17.00 hingga 05.00. Hasil Perhitungan tarif listrik perencanaan PJU di Jalan Marunda perbulan Rp. 3.566.184,-.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Hasibuan, W. V. Siregar, and I. Fahri, "The use of LEDs on public street lighting to increase efficiency," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 18–32, 2020.
- [2] E. Setyaningsih and D. J. Pragantha, "Analisis pencahayaan malam hari terowongan Pasar Rebo Jakarta Timur," *TESLA: J. Tek. Elektro*, vol. 19, no. 1, pp. 23–31, 2017.
- [3] J. M. Tambunan, A. G. Hutajulu, and H. Husada, "Perancangan dan penataan penerangan jalan umum dengan aplikasi Dialux Evo 8.2 di Jalan Depok Cilodong," *Energi & Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, pp. 111–120, 2020, doi: 10.33322/energi.v12i2.982.
- [4] A. Widodo, "Kajian manajemen optimalisasi penerangan jalan umum Kota Semarang," *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 18, no. 2, pp. 87–96, 2016, doi: 10.15294/jtsp.v18i2.7476.
- [5] M. Dzulkifli, V. Aullia, and Abdurrahim, "Perencanaan instalasi penerangan jalan umum (PJU) Jalan Tani Subur Kec. Loa Janan Ilir Samarinda," *PoliGrid*, vol. 4, no. 2, pp. 41–51, 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i2.17.
- [6] A. D. Siregar and A. M. Nasution, "Penentuan jarak antar tiang penerangan jalan umum berdasarkan tingkat pencahayaan," *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 33–40, 2019.
- [7] R. D. Ardiyanto, B. Winardi, and A. Nugroho, "Perencanaan penerangan jalan menggunakan software DIALux," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 226–231, 2019.
- [8] G. Yusvita, "Analisis pencahayaan ruangan pada ruang kelas di Universitas Singaperbangsa Karawang menggunakan DIALux Evo 9.1," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 2160–2166, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i3.3250.
- [9] P. R. Wulandari, D. A. Prasetyo, and I. F. Ramadhan, "Evaluasi performa penerangan underpass dan simpang susun menggunakan DIALux Evo," *TESLA: J. Tek. Elektro*, vol. 20, no. 2, pp. 58–66, 2018.
- [10] B. W. Ziliwu, R. I. Yaqin, M. N. Arkham, and H. A. Daulay, "Perancangan lampu Light Emitting Diode (LED) pemikat ikan," *Aurelia J.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–17, 2019.
- [11] F. Husnayain, D. S. Himawan, A. R. Utomo, I. M. Ardita, and B. Sudiarto, "Analisis perbandingan kinerja lampu LED, CFL, dan pijar pada sistem penerangan kantor," *Cyclotron*, vol. 6, no. 1, pp. 78–83, 2023.
- [12] A. Chumaidy and M. Kahfi, "Analisa perbandingan penggunaan lampu TL, CFL, dan lampu LED (studi kasus pada apartemen X)," *Sinusoida*, vol. 19, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [13] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 27 Tahun 2018 tentang alat penerangan jalan," *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia*, no. PM 64, pp. 1–95, 2018.
- [14] A. H. Sihombing and M. F. Siregar, "Analisis faktor daya dan kompensasi kapasitor pada beban induktif di laboratorium tenaga listrik," *J. Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 65–72, 2019.
- [15] R. N. Putra, "Perencanaan pemasangan lampu penerangan jalan sesuai standar di kawasan perkotaan," *J. Tek. Elektro dan Vokasional*, vol. 5, no. 2, pp. 45–53, 2020.
- [16] R. D. Wibowo and A. P. Nugroho, "Evaluasi konsumsi daya dan kualitas daya pada instalasi gedung pendidikan," *J. Tek. Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 13–20, 2020.