

# Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen

**Muhammad Arkhan Pradanugraha**

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat,  
Indonesia  
[Muhammad.arkhan01@ui.ac.id](mailto:Muhammad.arkhan01@ui.ac.id)

**Budi Sudiarto**

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat,  
Indonesia  
[budi@ee.ui.ac.id](mailto:budi@ee.ui.ac.id)

**Abstract** - LEDs in lighting systems have been widely used, including public street lighting systems. However, the selection of public street lights in Indonesia often does not use lumen calculations and light dimming technology. This study aims to improve energy consumption efficiency by replacing existing lamps with LED lamps according to the lumen calculation method and using a smart system in the form of automatic dimming of the lamps. The research study was carried out in two stages: the measurement of illumination using a lux meter and the analysis of energy consumption between the existing and the replacement. The replacement scenario is to replace the existing lamps with LED lamps equipped with an automatic dimming system based on lumen calculations. The lighting level is adjusted to Indonesian lighting standards, SNI 7391:2008, 2 to 5 lux. The result of the study is that carrying out a replacement scenario can increase energy consumption efficiency by 77.95%.

**Keywords:** Efficiency, lumen calculation, public street light, smart system



[Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## I. PENDAHULUAN

Penerangan pada jalan umum merupakan salah satu konsumsi yang cukup besar energi listrik di dunia. Oleh karena itu, semakin banyak penelitian mengenai pencahayaan yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi dengan menciptakan sumber pencahayaan atau desain dari pencahayaan yang baru. LED memiliki kelebihan yaitu efisiensi cukup tinggi dan umur pakai yang lama apabila dibandingkan dengan lampu jenis lainnya. Bahkan beberapa negara memiliki ketentuan untuk tidak menjual kembali jenis lampu SON, merkuri, incandescent, karena kurang memenuhi efisiensi energi[1]. Adanya konsep kota pintar menyebabkan adanya peningkatan kualitas infrastruktur dengan berbasis IoT, termasuk sistem penerangan jalan umum. Sistem penerangan jalan umum yang diharapkan adalah rendah konsumsi energi, memiliki polusi cahaya yang rendah, serta aman bagi lingkungan sekitar[2].

Jalan utama Universitas Indonesia

menghubungkan antara daerah Beji dengan pusat kota Depok. Angka kejahatan di wilayah Depok pada tahun 2020 mencapai 1263 kasus kriminal[3]. Panjang jalan umum Universitas Indonesia adalah 8 km. Lampu penerangan jalan umum menyala pada pukul 18.00 hingga pukul 06.00 pada hari berikutnya. Selain itu, pemilihan jenis lampu yang digunakan sebagai lampu penerangan jalan umum tidak berdasarkan perhitungan. Maka, hal yang akan terjadi adalah tingkat silau yang tinggi atau tingkat pencahayaan yang terlalu rendah.

Studi ini memiliki tujuan untuk memperkirakan peningkatan efisiensi konsumsi energi serta persebaran tingkat pencahayaan dari penerangan jalan umum dengan melalui dua tahapan, yaitu simulasi menggunakan aplikasi Dialux dan perhitungan konsumsi energi. Pada aplikasi Dialux dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencahayaan pada area tersebut antara kondisi eksisting dan pengganti. Penentuan sumber pencahayaan pada aplikasi Dialux menggunakan metode lumen. Aplikasi Dialux ini adalah perangkat lunak yang bersifat open source dimana dapat mendesain dan mensimulasikan pencahayaan baik untuk dalam dan luar ruangan. Pada aplikasi ini juga dapat dihitung konsumsi energi dari sumber pencahayaan yang disimulasikan. Sehingga pada akhir studi ini dapat diketahui efisiensi konsumsi energi dari kondisi pengganti terhadap kondisi eksisting.

## II. TEORI DASAR

LED merupakan salah satu semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya monokromatik dengan menggunakan prinsip forward bias. Penggunaan LED di seluruh dunia semakin berkembang pesat. Hal ini dikarenakan LED memiliki kelebihan yaitu ramah lingkungan dan hemat daya. Namun, LED juga memiliki kelemahan yaitu umur penggunaan LED sangat bergantung pada suhu ruangan maupun kondisi lingkungan sekitar[4]. Pada dasarnya, cahaya terbentuk karena adanya pergerakan elektron pada atom. Elektron yang terdapat pada orbital memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Apabila elektron berpindah menuju orbital yang lebih

## Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen

rendah daripada orbital sebelumnya akan memerlukan pelepasan energi yang dimiliki. Energi yang dilepaskan ini akan membentuk foton. Semakin banyak energi yang dilepaskan, maka akan semakin besar nilai foton dan akan mempengaruhi tingkat pencahayaan dari lampu.

Dalam pencahayaan, parameter pencahayaan yang diperhatikan, seperti arus cahaya dan tingkat iluminasi cahaya. Jumlah energi cahaya yang dipancarkan oleh sebuah sumber pencahayaan dalam satuan detik disebut arus cahaya[5]. Satuan dari arus cahaya adalah lumen. Arus cahaya lampu ini memengaruhi tingkat kecerahan dari suatu sumber pencahayaan. Adapun rumus dasar dari arus cahaya adalah:

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

Dimana,

- $\Phi$  = Arus cahaya [lm]
- $Q$  = Energi cahaya [lm.dt]
- $t$  = Waktu [dt]

Jalan utama Universitas Indonesia merupakan jenis jalan lokal. Berdasarkan standar pencahayaan SNI 7391:2008, rata-rata pencahayaan minimum untuk jalan lokal adalah antara 2 lux hingga 5 lux. Pada studi ini menggunakan metode lumen untuk menentukan nilai minimum arus cahaya yang dapat digunakan[6].

$$\Phi = \frac{E \times A}{N \times n \times UF \times MF} \quad (2)$$

Dimana,

- $\Phi$  = Rekomendasi arus cahaya [lm]
- $E$  = Tingkat iluminasi cahaya [lux]
- $A$  = Luas area [ $m^2$ ]
- $N$  = Jumlah lumener
- $n$  = Jumlah lampu dalam satu lumener
- $UF$  = Faktor utilisasi
- $MF$  = Faktor Pemeliharaan

Pada dasarnya, manusia memerhatikan kenyamanan lampu karena dapat memengaruhi psikologis manusia[7]. Energi listrik adalah muatan elektron yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor[5]. Satuan dari energi listrik adalah joule [J] atau watthour [Wh]. Adapun rumus dari penghitungan energi listrik yang digunakan dalam sistem pencahayaan adalah sebagai berikut[8].

$$W_{load} = P_{load} \times t \quad (3)$$

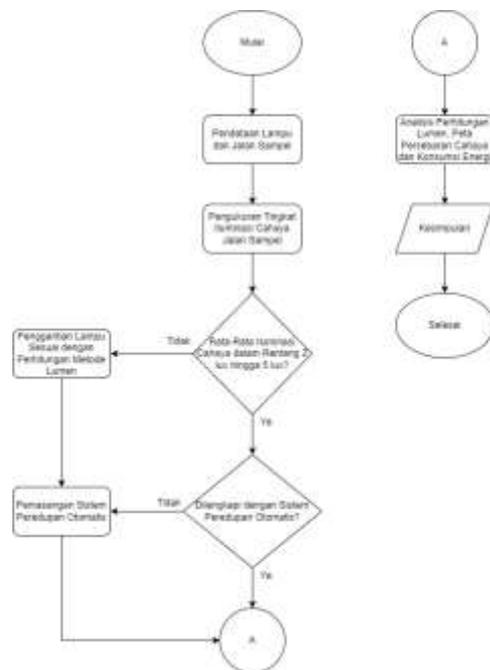
Dimana,

- $W_{load}$  = Energi listrik [Watthour]
- $P_{load}$  = Daya yang digunakan [Watt]
- $t$  = waktu [detik]

### III. METODE PENELITIAN

Studi ini bertujuan untuk melakukan penghematan konsumsi energi yang digunakan pencahayaan jalan umum. Penelitian dimulai dengan pendataan jenis lampu yang digunakan, lebar dan panjang jalan sampel. Panjang jalan sampel adalah jarak antara kedua tiang lampu penerangan jalan umum. Selanjutnya pengukuran tingkat iluminasi

jalan sampel dengan menggunakan metode titik dan dihitung nilai rata-rata tingkat pencahayaan dari metode tersebut. Hasil rata-rata tingkat pencahayaan dari pengukuran akan dibandingkan dengan standar pencahayaan Indonesia, SNI 7391:2008. Apabila belum sesuai dengan standar pencahayaan maka dilakukan penggantian lampu sesuai dengan perhitungan metode lumen. Lalu, apabila sistem pencahayaan juga belum dipasang alat sistem pintar berupa peredupan otomatis, maka akan dilakukan pemasangan sistem pintar tersebut. Setelah dilakukan penggantian akan dilakukan analisis berdasarkan peta persebaran cahaya yang dihasilkan dan konsumsi energi yang dipakai oleh penerangan jalan umum baik secara eksisting maupun penggantian. Langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 1 tentang diagram alir dari penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Skenario penggantian lampu pada penerangan jalan umum dilakukan dalam aplikasi Dialux. Penggantian lampu yang digunakan disesuaikan dengan perhitungan metode lumen. Tujuan dari penggantian ini adalah melakukan penghematan konsumsi energi dari penerangan jalan umum kondisi eksisting. Dalam skenario penggantian ini akan dibandingkan hasil pencahayaan dari kondisi eksisting dan penggantian. Skenario penggantian akan dilakukan apabila kondisi eksisting memiliki tingkat pencahayaan yang tidak sesuai dengan standar pencahayaan Indonesia yaitu dalam rentang 2 lux hingga 5 lux. Tingkat pencahayaan yang melebihi standar pencahayaan dapat dilakukan penghematan konsumsi energi. Lampu eksisting yang dipakai adalah jenis LED dengan merk X HLS-LDA 2 dengan arus cahaya normal sebesar 17.600 lumen. Namun, lampu ini diredupkan sebesar 55% secara manual sehingga arus cahaya yang dikeluarkan sebesar 7920 lumen.

## Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen

Sedangkan lampu pengganti yang akan digunakan adalah lampu jenis LED dengan merk X HLS LDL 6D 40W dengan arus cahaya normal sebesar 5.400 lumen. Besar peredupan akan disesuaikan dengan standar pencahayaan di Indonesia. Simulasi akan dilakukan pada malam hari dari pukul 18.00 hingga 06.00 pada hari berikutnya. Pada kondisi penggantian, peredupan dibagi menjadi dua bagian. Peredupan bagian satu akan dilakukan pada pukul 18.00 hingga pukul 22.00 dengan peredupan arus cahaya yang disesuaikan agar mencapai tingkat pencahayaan sebesar 5 lux. Sedangkan peredupan bagian kedua akan dilakukan pada pukul 22.00 hingga pukul 06.00 dengan peredupan arus cahaya yang disesuaikan agar mencapai tingkat pencahayaan sebesar 2 lux.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada studi ini, pengukuran tingkat pencahayaan dilakukan secara langsung menggunakan lux meter. Sedangkan untuk pengukuran skenario penggantian dilakukan secara simulasi menggunakan aplikasi Dialux. Skenario penggantian dilakukan karena tingkat pencahayaan penerangan jalan umum kondisi eksisting lebih besar daripada standar pencahayaan Indonesia. Dalam menentukan lampu yang digunakan, studi ini melakukan perhitungan metode lumen. Seperti yang sudah dibahas pada skenario penggantian akan dilakukan pembagian perhitungan arus cahaya yang digunakan menjadi dua bagian. Arus cahaya pada bagian pertama disesuaikan agar menghasilkan tingkat pencahayaan sebesar 5 lux. Sedangkan arus cahaya pada bagian kedua disesuaikan agar menghasilkan pencahayaan sebesar 2 lux. Jalan sampel yang akan diukur memiliki panjang sebesar 40 meter dan lebar jalan sebesar 6 meter. Faktor utilisasi dari lampu tersebut ditentukan dari grafik faktor utilisasi khusus untuk penerangan jalan umum[9]. Sedangkan faktor pemeliharaan disesuaikan dengan jumlah polusi pada lingkungan tersebut dimana kondisi lingkungan kotor memiliki faktor pemeliharaan sebesar 0.7[7]. Berikut merupakan perhitungan arus cahaya agar menghasilkan tingkat pencahayaan sebesar 5 lux berdasarkan persamaan 2.

$$\Phi = \frac{5 \times 240}{2 \times 0.24 \times 0.7}$$

$$\Phi = 3571.42 \approx 3572 \text{ lumen}$$

Sedangkan perhitungan arus cahaya agar menghasilkan tingkat pencahayaan sebesar 2 lux adalah sebagai berikut.

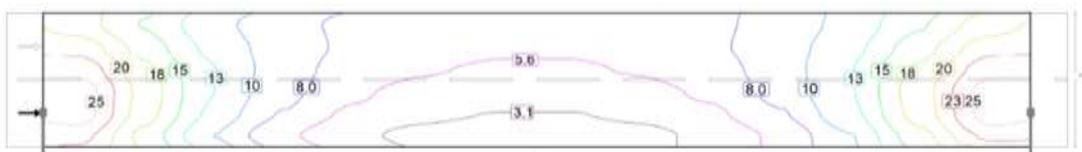
$$\Phi = \frac{2 \times 240}{2 \times 0.24 \times 0.7}$$

$$\Phi = 1428.57 \approx 1429 \text{ lumen}$$

Lampu yang digunakan dalam skenario penggantian adalah merk X HLS-LDL 6D 40W dengan arus cahaya normal sebesar 5400 lumen. Lampu ini dilengkapi dengan fitur peredupan secara manual pada lampu. Untuk membuat lampu dapat meredup secara otomatis diperlukan peralatan tambahan yaitu dengan menambahkan perangkat SEMS-RTU 12 dan SEMS-CC08. Berdasarkan perhitungan diatas menjelaskan bahwa agar mencapai tingkat pencahayaan 5 lux, lampu pengganti harus dilakukan peredupan sebesar 33,85% dari arus cahaya normal. Sedangkan untuk mencapai tingkat pencahayaan sebesar 2 lux, lampu pengganti harus dilakukan peredupan sebesar 73,53% dari arus cahaya normal.

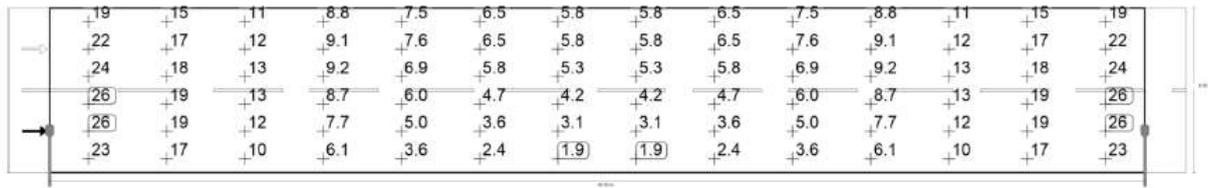
Peta persebaran cahaya merupakan hasil kontur persebaran cahaya yang dihasilkan sumber pencahayaan pada aplikasi Dialux. Simulasi pencahayaan dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama adalah simulasi pencahayaan kondisi eksisting. Bagian kedua adalah simulasi pencahayaan dengan kondisi penggantian dan melakukan peredupan sebesar 33,85%. Pada bagian ketiga adalah simulasi pencahayaan dengan kondisi penggantian dan melakukan peredupan sebesar 73,53%. Berikut merupakan peta persebaran cahaya dari ketiga kondisi tersebut.

Berdasarkan gambar 2 hingga 7 dapat diketahui bahwa tingkat pencahayaan tertinggi terdapat pada sisi kanan dan kiri pada gambar. Hal itu dikarenakan posisi lampu jalan umum berada pada sisi kanan dan kiri gambar. Sehingga pada sisi tengah memiliki tingkat pencahayaan paling rendah, karena memiliki posisi terjauh dari kedua lampu tersebut. Berdasarkan gambar 2 dan 3, kondisi eksisting memiliki rata-rata tingkat pencahayaan sebesar 10,94 lux. Pada kondisi eksisting, lampu yang digunakan adalah merk X HLS-LDA 2 dengan arus cahaya sebesar 17.600 lumen. Lampu eksisting dilakukan peredupan sebesar 55% sehingga arus cahaya menjadi 7920 lumen. Berdasarkan gambar 4, kondisi penggantian memiliki rata-rata tingkat pencahayaan sebesar 5,02 lux. Lampu yang digunakan adalah merk X HLS LDL 6D 40W. Pada kondisi penggantian sudah terpasang sistem pintar yaitu dengan peredupan otomatis. Kondisi pada gambar 4 dan 5 merupakan kondisi ketika jalan umum tersebut sedang dalam jam sibuk yaitu pukul 18.00 hingga pukul 22.00. Sedangkan pada gambar 6 dan 7 adalah pencahayaan ketika jalan umum dalam jam tidak sibuk pada pukul 22.00 hingga pukul 06.00 keesokan harinya. Sehingga pada kondisi jam tidak sibuk dapat diredupkan menggunakan sistem pintar secara otomatis dengan rata-rata tingkat pencahayaan sebesar 2,06 lux.

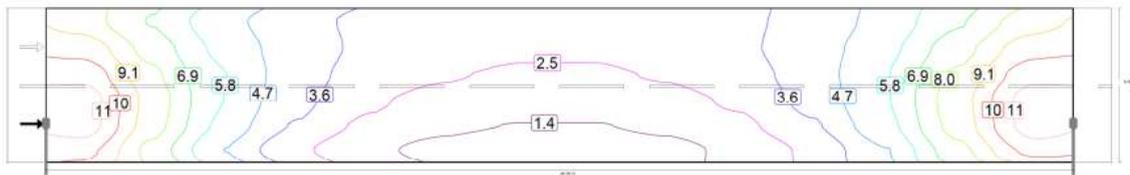


Gambar 2. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Eksisting dalam Kurva Iluminasi (Satuan Angka dalam Lux)

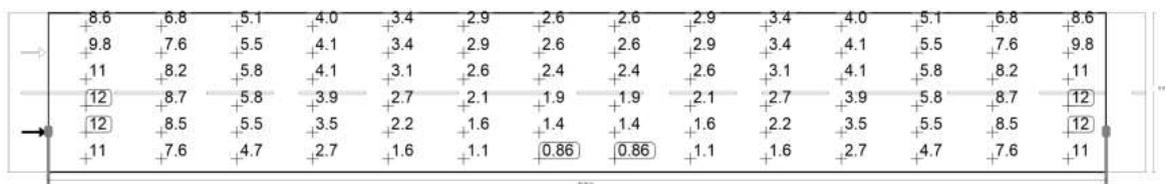
## Pengaruh Sistem Peredupan terhadap Efisiensi Energi Penerangan Jalan Umum pada Universitas Indonesia Berdasarkan Metode Lumen



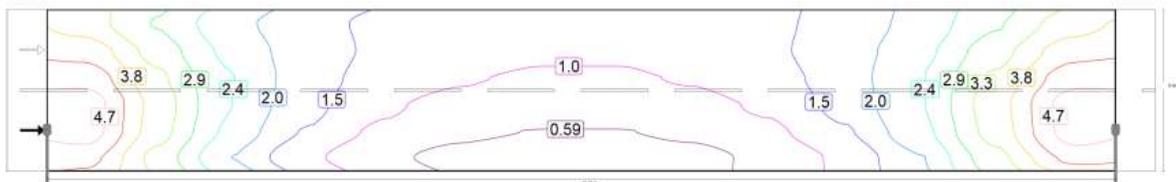
Gambar 3. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Eksisting dalam Titik Nilai (Satuan Angka dalam Lux)



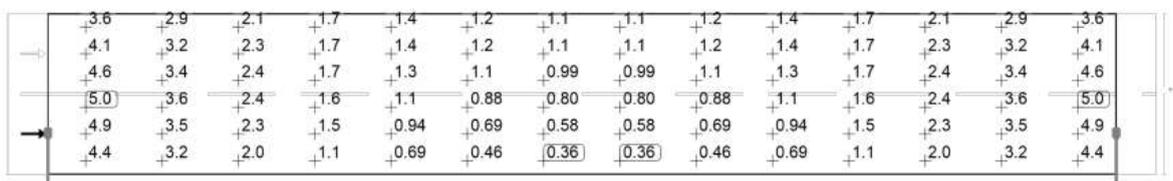
Gambar 4. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Penggantian dengan Peredupan 33,85% dalam Kurva Iluminasi (Satuan Angka dalam Lux)



Gambar 5. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Penggantian dengan Peredupan 33,85% dalam Titik Nilai (Satuan Angka dalam Lux)



Gambar 6. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Penggantian dengan Peredupan 73,53% dalam Kurva Iluminasi (Satuan Angka dalam Lux)



Gambar 7. Peta Persebaran Cahaya Kondisi Penggantian dengan Peredupan 73,53% dalam Titik Nilai (Satuan Angka dalam Lux)

Tujuan dari skenario penggantian adalah melakukan penghematan konsumsi energi dari pencahayaan jalan umum kondisi eksisting. Berdasarkan kedua analisis diatas bahwa kondisi eksisting memiliki tingkat pencahayaan diatas standar pencahayaan Indonesia. Sehingga, adanya skenario penggantian dapat menghasilkan tingkat pencahayaan yang sesuai dengan standar. Pada skenario penggantian ini, sistem pencahayaan dibagi dua, yaitu pada pukul 18.00 hingga pukul 22.00 dilakukan pencahayaan dengan rata-rata tingkat pencahayaan sebesar 5 lux dan pada pukul 22.00 hingga pukul 06.00 keesokan harinya dilakukan pencahayaan dengan rata-rata tingkat pencahayaan sebesar 2 lux. Pembagian ini didasari dengan pengaruh jam sibuk pada jalan tersebut. Adanya peredupan dari lampu yang digunakan akan mempengaruhi daya yang dibutuhkan oleh lampu tersebut. Lampu jalan umum mulai dinyalakan pada pukul 18.00 dan akan dimatikan pada pukul 06.00 pada

hari berikutnya. Lampu ini menyala setiap hari per tahun. Sehingga, dapat dikatakan bahwa waktu nyala lampu dalam satu tahun selama 4380 jam. Daya normal dari lampu eksisting adalah 160 Watt. Dikarenakan adanya peredupan pada lampu eksisting akan berpengaruh pada daya yang digunakan lampu tersebut. Peredupan lampu eksisting adalah 55% dari daya normal atau daya yang digunakan lampu eksisting adalah 72 Watt. Adapun perhitungan konsumsi energi lampu penerangan jalan umum kondisi eksisting mengacu pada persamaan 3 sebagai berikut.

$$W = 72 \text{ Watt} \times 4380 \text{ jam}$$

$$W = 315.36 \text{ kWh}$$

Daya normal yang digunakan pada lampu pengganti adalah 40 Watt. Dalam skenario penggantian, lampu pengganti dilakukan peredupan sebesar 33,85% pada pukul 18.00 sampai dengan pukul 22.00 dan 73,53% pada pukul 22.00 hingga pukul

06.00 pada hari berikutnya. Perhitungan konsumsi energi yang digunakan pada pukul 18.00 hingga pukul 22.00 adalah sebagai berikut.

$$W = 26.46 \text{ Watt} \times 1460 \text{ jam}$$

$$W = 38.63 \text{ kWh}$$

Sedangkan perhitungan konsumsi energi yang digunakan pada pukul 22.00 hingga 06.00 pada hari berikutnya yaitu.

$$W = 10.58 \text{ Watt} \times 2920 \text{ jam}$$

$$W = 30.89 \text{ kWh}$$

Sehingga total konsumsi energi dari skenario penggantian adalah sebagai berikut.

$$W_{\text{pengganti}} = 38.63 \text{ kWh} + 30.89 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{pengganti}} = 69.52 \text{ kWh}$$

Berdasarkan perhitungan konsumsi energi bahwa skenario pengganti dengan menggunakan sistem peredupan otomatis yang disesuaikan dengan metode lumen akan memberikan penurunan terhadap konsumsi energi eksisting. Penurunan konsumsi energi dari 315,36 kWh pada kondisi eksisting menjadi 69,52 kWh pada kondisi penggantian atau mengalami penurunan sebesar 77,95% dari konsumsi energi eksisting.

#### V. KESIMPULAN

Pada studi ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan dari sistem peredupan lampu otomatis berdasarkan perhitungan metode lumen yang tepat dapat menghasilkan tingkat pencahayaan yang sesuai dengan standar pencahayaan yang berlaku. Pemasangan lampu penerangan jalan yang tidak didasari dengan perhitungan dapat menyebabkan konsumsi energi yang tinggi dan menciptakan tingkat silau yang cukup tinggi. Dalam studi membuktikan bahwa sistem pintar berupa peredupan otomatis yang mengacu pada perhitungan metode lumen dapat menurunkan konsumsi energi secara signifikan. Pengaturan dalam sistem pencahayaan perlu adanya manajemen yang terstruktur sehingga dapat menghasilkan kualitas pencahayaan yang baik dan pengeluaran biaya yang efisien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. V. Rusu, C. D. Galatanu, G. Livint, and D. D. Lucache, "Average luminance calculation in street lighting design, comparison between bs-en 13201 and rp-08 standards," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 18, Sep. 2021, doi: 10.3390/su131810143.
- [2] F. Greffier, V. Muzet, V. Boucher, F. Fournela, L. Lebouc, and S. Liandrat, "Influence of pavement heterogeneity and observation angle on lighting design: Study with new metrics," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 21, Nov. 2021, doi: 10.3390/su132111789.
- [3] R. Purnama, "Kejahatan di Depok Menurun, Aksi Kriminalitas Terjadi Perlambatan 1 jam 45 menit," Jan. 01, 2021. <https://metro.sindonews.com/read/286778/170/kejahatan-di-depok-menurun-aksi-kriminalitas-terjadi-perlambatan-1-jam-54-menit-1609437710> (accessed Apr. 01, 2022).
- [4] S. Palaloi, "Pengujian dan Analisis Umur Pakai Lampu Light Emitting Diode (LED) Swabalast Untuk Pencahayaan Umum," *Jurnal Energi dan Lingkungan (Enerlink)*, vol. 11, no. 1, 2015.
- [5] M. A. Pradanugraha, A. Rahardjo, D. R. Aryani, and F. Husnayain, "PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI SISTEM PENERANGAN PADA RUANG PERKULIAHAN DENGAN LAMPU LED BERDASARKAN ANALISIS ARUS CAHAYA," *Transmisi*, vol. 23, no. 1, pp. 5–13, Jan. 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.5-13.
- [6] R. Febriyursandi, A. A. Zakri, and A. Hamzah, "DESAIN DAN ANALISIS KUALITAS PENCAHAYAAN BERBASIS PERANGKAT LUNAK DIALUX EVO 8.1," *Jom FTEKNIK*, vol. 6, no. 2, pp. 1–8, Dec. 2019.
- [7] S. H. Lin, M. T. Chen, and D. J. Lin, "Implementation of high power LED driving source with high efficiency and high power factor for indoor illumination," in *Proceedings - 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control, IS3C 2018*, Feb. 2019, pp. 105–108. doi: 10.1109/IS3C.2018.00034.
- [8] F. Yudianto, R. Putri, N. Budiarti, and D. Z. Mufarikkoh, "Design and Installation of Street Light for Public Lighting Business in Industrial 4.0," 2019.
- [9] D. C. Frering, J. D. Bullough, K. Chiang, and L. Boodlal, "Web-Based Training for FHWA Roadway Lighting Workshop Module 3: Street and Roadway Lighting Design," Federal Highway Administration Office of Safety, May 2018.