

Perencanaan Pencahayaan Lampu Jalan Dengan Simulasi Dialux Untuk Efisiensi Energi

^{1*} Iqbal Lutfi Cahyanto, ² Machrus Ali, ³ Hidayatul Nurohmah

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum

¹ iqballutfi2003@gmail.com, ² machrus7@gmail.com, ³ hidayatul,nurohmah.mt@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Desember 28th, 2024

Revised January 14th, 2025

Accepted January 18th, 2025

Keyword:

Dialux
Efisiensi Energi
Penerangan Jalan Umum
Perencanaan Pencahayaan

ABSTRACT

Good street lighting planning is essential, especially in areas prone to accidents and crime. Good street lighting can reduce the risk of accidents and increase the sense of security in public areas, providing security, convenience, and comfort for road users, especially at night or in bad weather conditions. However, street lighting is often a significant source of energy consumption. Therefore, optimising the street lighting system to improve energy efficiency is necessary. The study results showed that the existing lighting system using 250 W high-pressure sodium (HPS) lamps has weaknesses in terms of energy efficiency and light distribution quality. Simulations using Dialux showed that the average luminance of existing lighting only reached 0.6 cd/m² with a uniformity level of 0.4, and energy consumption reached 20,000 W along the road. Lighting optimization using 120 W LED lamps provides significant improvements in energy efficiency and lighting quality. The average luminance increased to 0.8 cd/m² with a uniformity of 0.6, while energy consumption decreased by 52%, from 20,000 W to 9,600 W. In addition, the glare level decreased from 30 to 25, indicating an increase in visual comfort. These results indicate that the implementation of LED lights can not only improve the quality of street lighting but also have a positive impact on energy efficiency and reduced operating costs.

Copyright © 2025 Jurnal FORTECH.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Iqbal Lutfi Cahyanto

Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum

Jl. Gus Dur No.29A, Mojongapit, Kec. Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61419

Email: iqballutfi2003@gmail.com

Abstrak— Perencanaan lampu jalan yang baik, sangat diperlukan, khususnya di daerah rawan kecelakaan dan kriminalitas. Pencahayaan lampu jalan yang baik dapat mengurangi risiko kecelakaan serta meningkatkan rasa aman di area public, memberikan keamanan, kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna jalan, khususnya pada malam hari atau di kondisi cuaca yang buruk. Namun di sisi lain, penerangan jalan sering kali menjadi salah satu sumber konsumsi energi yang signifikan. Oleh karena diperlukan mengoptimalkan sistem pencahayaan jalan guna meningkatkan efisiensi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pencahayaan eksisting menggunakan lampu sodium tekanan tinggi (HPS) 250 W memiliki kelemahan dalam hal efisiensi energi dan kualitas distribusi cahaya. Simulasi menggunakan Dialux menunjukkan bahwa luminansi rata-rata pencahayaan eksisting hanya mencapai 0,6 cd/m² dengan tingkat uniformitas 0,4, serta konsumsi energi mencapai 20.000 W untuk sepanjang jalan. Optimasi pencahayaan dengan menggunakan lampu LED 120 W memberikan peningkatan signifikan pada efisiensi energi dan kualitas pencahayaan. Luminansi rata-rata meningkat menjadi 0,8 cd/m² dengan uniformitas 0,6, sementara konsumsi energi berkurang sebesar 52%, dari 20.000 W menjadi 9.600 W. Selain itu, tingkat glare turun dari 30 menjadi 25, yang menunjukkan peningkatan kenyamanan visual. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi lampu LED tidak hanya mampu meningkatkan kualitas pencahayaan jalan tetapi juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional.

Kata Kunci: Dialux, Efisiensi Energi, Penerangan Jalan Umum, Perencanaan Pencahayaan

1. PENDAHULUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempersiapkan lampu jalan khususnya di daerah rawan kecelakaan dan kriminalitas. Selain itu, lampu jalan juga dapat memberikan keamanan, kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Penerangan yang memadai di jalan dapat mengurangi risiko kecelakaan serta meningkatkan rasa aman di area publik, khususnya pada malam hari atau di kondisi cuaca yang buruk. Namun di sisi lain, penerangan jalan sering kali menjadi salah satu sumber konsumsi energi yang signifikan. Menurut data dari *International Energy Agency* (IEA), sistem pencahayaan menyumbang hingga 19% dari total konsumsi energi global. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengoptimalkan sistem pencahayaan jalan guna meningkatkan efisiensi energi[1][2].

Saat ini, banyak sistem pencahayaan jalan masih menggunakan teknologi lampu konvensional seperti lampu sodium tekanan tinggi (HPS), meskipun cukup efisien dari segi harga, tetapi memiliki efisiensi pencahayaan yang lebih rendah dibandingkan teknologi yang lebih baru seperti lampu LED[3]. Dalam satu dekade terakhir, penelitian tentang cara mengoptimalkan penggunaan sistem pencahayaan dan meningkatkan efisiensi telah berkembang pesat dan ada banyak metode untuk mengoptimalkan penggunaan sistem pencahayaan dan meningkatkan efisiensi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pencahayaan jalan adalah dengan simulasi komputer menggunakan perangkat lunak Dialux[4][5]. DIALux adalah perangkat lunak yang banyak digunakan untuk merencanakan dan menganalisis sistem pencahayaan[1][2]. Dengan DIALux, perancang dapat membuat model virtual dari area yang akan diterangi, menentukan sumber cahaya yang tepat, dan memprediksi distribusi cahaya secara akurat. Sebuah studi menunjukkan bahwa simulasi menggunakan DIALux dapat membantu dalam merencanakan sistem pencahayaan dengan hasil yang memenuhi standar SNI untuk pencahayaan[6]. Hal ini menunjukkan potensi DIALux dalam aplikasi lain seperti penerangan jalan.

2. SYSTEM PENCAHAYAAN

2.1. Standar Pencahayaan Jalan

Dalam perancangan dan implementasi sistem pencahayaan jalan, standar pencahayaan menjadi pedoman penting untuk memastikan bahwa sistem tersebut memenuhi kriteria keselamatan,

kenyamanan, dan efisiensi energi. Beberapa standar pencahayaan yang umum digunakan dalam desain lampu jalan adalah standar yang dikeluarkan oleh *Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA) dan *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE). Standar pencahayaan seperti IESNA RP-8-18 dan CIE 115:2010 mengatur pedoman desain pencahayaan jalan untuk memastikan bahwa pencahayaan memberikan tingkat iluminasi yang cukup, keseragaman, serta meminimalkan silau[7]. Dengan adanya standar ini, desain pencahayaan jalan dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan pengguna jalan sekaligus mencapai efisiensi energi yang lebih baik. Standar-standar ini mengatur berbagai aspek pencahayaan, termasuk tingkat iluminasi, distribusi cahaya, pengendalian silau, serta efisiensi energi.

A. Standar IESNA (Illuminating Engineering Society of North America)

IESNA RP-8-18 merupakan salah satu standar utama yang mengatur tentang pencahayaan untuk jalan dan jalan raya. Standar ini memberikan pedoman detail tentang tata cara desain pencahayaan jalan yang optimal berdasarkan tipe jalan, kecepatan lalu lintas, dan kondisi lingkungan[8].

Simulasi Dialux sering digunakan untuk menguji kepatuhan terhadap standar IESNA ini, di mana berbagai perencanaan pencahayaan dapat disimulasikan untuk melihat apakah desain memenuhi batasan iluminasi, keseragaman, dan silau yang memenuhi syarat.

B. Standar CIE (Commission Internationale de l'Éclairage)

CIE juga memberikan pedoman standar pencahayaan untuk jalan melalui berbagai publikasi, seperti CIE 115:2010 yang mengatur pencahayaan jalan untuk berbagai kelas jalan dan kondisi lalu lintas[9].

C. Standar SNI

Menurut SNI 7391:2008, tingkat kualitas pencahayaan lampu jalan yang normal sudah ditetapkan sesuai dengan jenis jalan dan klasifikasi fungsi jalan[10][11]. Dengan data standar SNI

$$E_{rata-rata} = \text{Kuat penerangan minimum (lux)}$$

$$g1 = \text{Kemerataan (Uniformity) = } E_{min}/E_{maks}$$

$$E_{min} = \text{Kuat penerangan minimum (lux)}$$

$$E_{maks} = \text{Kuat penerangan maksimum (lux)}$$

Tabel standar SNI dapat dilihat pada tabel 1.

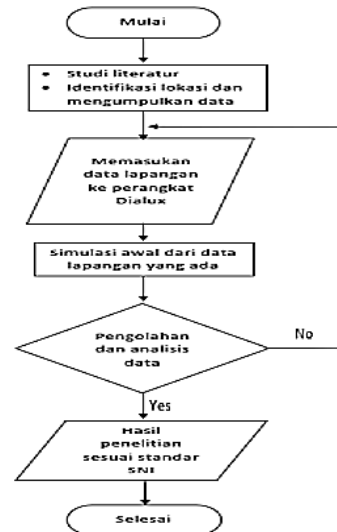
Tabel 1 Standar SNI

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat penerangan (<i>lux</i>)	Illuminasi <i>gl</i>
Trotoar	1- 4	0,10
Jalan Lokal		
1. Primer	2 -5	0,10
2. Sekunder	2 - 5	0,10
Jalan Kolektor		
1. primer	3 - 7	0,14
2. sekunder	3 - 7	0,14
Jalan Arteri		
1. primer	11 - 20	0,14 - 0,20
2. sekunder	11 -20	0,14 - 0,20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 -20	0,14 - 0,20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20

3. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian ini merupakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan metode penelitian observasi. Teknik yang digunakan dalam proses memperoleh data adalah pengukuran objek penelitian dan simulasi yang dilakukan melalui software DIALux Evo. Dalam penelitian ini SNI 7391:2008 digunakan sebagai acuan atau parameter kualitas pencahayaan normal menurut jenis atau klasifikasi jalan. Diagram Alir Penelitian.

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian.



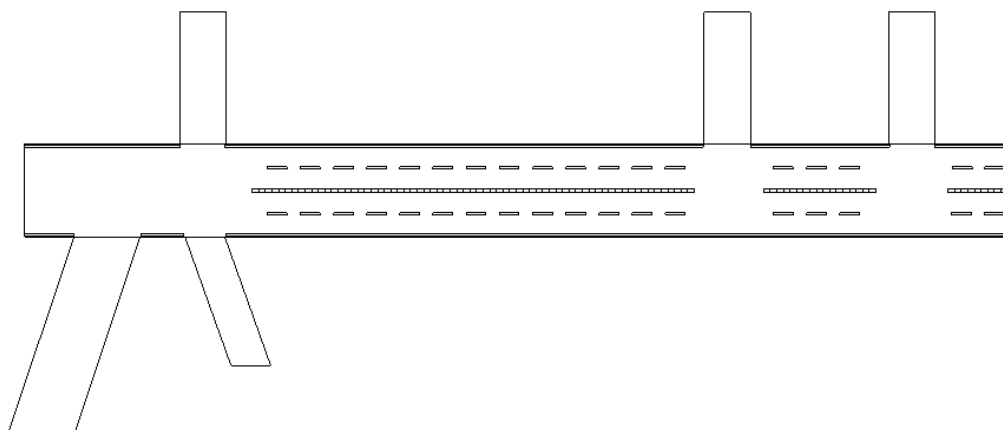
Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jalan Soekarno Hatta Kabupaten Jombang. Jalan ini merupakan salah satu ruas jalan utama yang memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang di kawasan tersebut. Jalan Soekarno Hatta menghubungkan berbagai area strategis, sehingga aktivitas kendaraan di jalan ini cukup padat, terutama pada jam sibuk. Sketsa jalan sukarno hatta jombang, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Sketsa Jalan Soekarno Hatta Jombang

Karakteristik jalan yang menjadi objek penelitian adalah sebagai berikut:

1. Panjang jalan

Jalan Soekarno Hatta memiliki panjang total sekitar 1,5 km, membentang di area yang cukup ramai dengan berbagai fasilitas umum di sekitarnya.

2. Lebar jalan

Lebar jalan mencapai 12 meter yang terdiri dari dua jalur utama untuk lalu lintas kendaraan dari kedua arah. Di tengah jalan terdapat median sebagai pemisah jalur yang juga berfungsi sebagai area pemasangan tiang lampu.

3. Jenis aktivitas

Jalan Soekarno Hatta dikategorikan sebagai jalan arteri, dengan volume lalu lintas yang sedang hingga tinggi. Aktivitas di sepanjang jalan ini melibatkan berbagai jenis kendaraan, mulai dari kendaraan roda dua, mobil pribadi, hingga kendaraan berat seperti truk dan bus.

4. Kondisi eksisting

Pencahayaan di jalan ini menggunakan lampu sodium tekanan tinggi (HPS) dengan daya 150 dan 250 W. Lampu-lampu ini dipasang di kanan dan kiri jalan membentuk pola zig-zag dengan jarak antar tiang sekitar 25 meter. Tinggi tiang lampu mencapai 9 meter, yang merupakan standar untuk pencahayaan jalan arteri.

Optimasi pencahayaan melalui simulasi dan perencanaan ulang menggunakan teknologi LED menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi energi dan kualitas pencahayaan di Jalan Soekarno Hatta.

2. Data Teknis dan Input Simulasi Dialux

Bagian ini berisi deskripsi teknis yang diperlukan untuk melakukan simulasi pencahayaan jalan menggunakan perangkat lunak Dialux. Dialux adalah software populer yang digunakan untuk merancang dan menganalisis pencahayaan dalam berbagai aplikasi, termasuk jalan raya. Simulasi ini bertujuan untuk membandingkan performa pencahayaan lampu jalan eksisting dengan perencanaan optimasi untuk meningkatkan efisiensi energi.

3. Data Teknis Lampu dan Jalan

Bagian ini menjelaskan parameter fisik dan spesifikasi lampu serta jalan yang akan disimulasikan.

1. Jenis Lampu yang Disimulasikan:

Optimasi: Menggunakan lampu Light Emitting Diode (LED) 120 W dengan efikasi 150 lm/W.

- a. Lampu LED memiliki efisiensi energi yang jauh lebih baik, durasi pakai lebih lama, dan menghasilkan cahaya dengan distribusi yang lebih baik serta konsumsi daya yang lebih rendah.
- b. Efikasi 150 lm/W berarti setiap watt listrik yang digunakan menghasilkan 150 lumen cahaya, yang menunjukkan bahwa lampu LED lebih efisien daripada lampu HPS.

2. Parameter Jalan:

- a. Lebar jalan: 12 meter : Lebar ini merupakan lebar standar untuk jalan nasional atau jalan arteri primer.
- b. Jenis permukaan : Aspal dengan reflektansi sedang.

Reflektansi menunjukkan seberapa banyak cahaya yang dipantulkan oleh permukaan jalan. Reflektansi sedang berarti sebagian besar cahaya diserap, dan sebagian dipantulkan kembali untuk membantu visibilitas.

c. Tinggi tiang : 9 meter.

Tinggi ini umumnya digunakan untuk pencahayaan jalan agar distribusi cahaya merata dan tidak menyebabkan titik gelap di jalan.

d. Jarak antar tiang: Optimasi : 30 meter (jarak antar tiang lampu LED).

Karena mengubah susunan tiang yang sebelumnya berpola zig-zag menjadi satu tiang menggunakan dua lampu yang berada di median jalan sehingga jarak antar tiang dapat diperlebar dan jumlah tiang yang dibutuhkan lebih sedikit serta mengurangi biaya pemasangan dan pemeliharaan.

4. Parameter Simulasi

Bagian ini menjelaskan standar dan parameter yang akan digunakan dalam simulasi pencahayaan.

1. Standar yang Digunakan:

SNI 7391:2008 adalah standar nasional Indonesia yang mengatur pencahayaan jalan. Standar ini menetapkan parameter penting seperti luminansi, uniformitas, dan glare untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan di malam hari.

2. Parameter Utama:

- a. Luminansi rata-rata (cd/m^2): Mengukur tingkat kecerahan jalan yang dirasakan oleh pengendara. Luminansi yang memadai sangat penting untuk meningkatkan visibilitas.
- b. Uniformitas: Menggambarkan seberapa merata distribusi cahaya di sepanjang jalan. Semakin tinggi uniformitas, semakin kecil perbedaan antara area terang dan gelap, yang meningkatkan kenyamanan pengendara.
- c. Glare (UGR - Unified Glare Rating): Mengukur tingkat silau yang dapat mengganggu penglihatan. Silau yang berlebihan dapat membahayakan pengendara, sehingga pengendalian glare menjadi salah satu fokus dalam desain pencahayaan.

5. Pengaturan di Dialux:

- a. Distribusi Cahaya Asimetris untuk Lampu LED: Lampu LED sering kali memiliki lensa khusus yang memungkinkan distribusi cahaya secara asimetris, mengarahkan lebih banyak cahaya ke area jalan dan mengurangi cahaya yang tidak diperlukan.

- b. Penempatan Tiang di Tengah Median dengan Menggunakan 2 Lampu:

Menempatkan tiang lampu ditengah median dengan menggunakan 2 lampu dapat membantu mengoptimalkan cahaya lampu agar dapat menyebar di seluruh jalan dan mengurangi bayangan yang disebabkan oleh pepohonan dan lainnya.

6. Hasil Simulasi

Bagian ini membahas perbandingan hasil simulasi antara kondisi pencahayaan jalan saat ini (eksisting) menggunakan lampu HPS dan kondisi optimasi menggunakan lampu LED. Simulasi dilakukan untuk mengukur performa pencahayaan dalam hal luminansi, uniformitas, tingkat glare, dan konsumsi energi.

7. Kondisi Eksisting (Lampu HPS 250 W)

Hasil Simulasi:

- a. Luminansi Rata-rata: 0,6 cd/m²
- b. Uniformitas: 0,4
- c. Tingkat Glare (UGR): 30
- d. Konsumsi Energi: 20.000 W

- 1. Luminansi Rata-rata (0,6 cd/m²):

Luminansi mengukur tingkat kecerahan jalan yang dirasakan oleh mata pengendara. Nilai 0,6 cd/m² masih memenuhi syarat minimum SNI 7391:2008 untuk beberapa kelas jalan, tetapi berada di batas bawah. Luminansi yang rendah dapat menyebabkan area jalan terlihat kurang terang, sehingga dapat memengaruhi visibilitas dan keselamatan.

- 2. Uniformitas (0,4):

Uniformitas menunjukkan seberapa merata pencahayaan di sepanjang jalan. Nilai 0,4 berarti ada perbedaan cukup besar antara area

terang dan gelap di jalan. Kondisi ini bisa menyebabkan kontras tajam yang berpotensi membahayakan pengendara, terutama di malam hari karena area gelap dapat mengaburkan objek di jalan.

- 3. Tingkat Glare (UGR = 30):

Glare (silau) dengan nilai 30 dianggap cukup tinggi. Silau ini bisa mengganggu penglihatan pengendara dan berkontribusi pada kelelahan mata, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan. Lampu HPS cenderung memiliki distribusi cahaya yang kurang terarah dan bisa menghasilkan glare tinggi, terutama jika reflektor atau lensa lampu sudah berkurang kualitasnya.

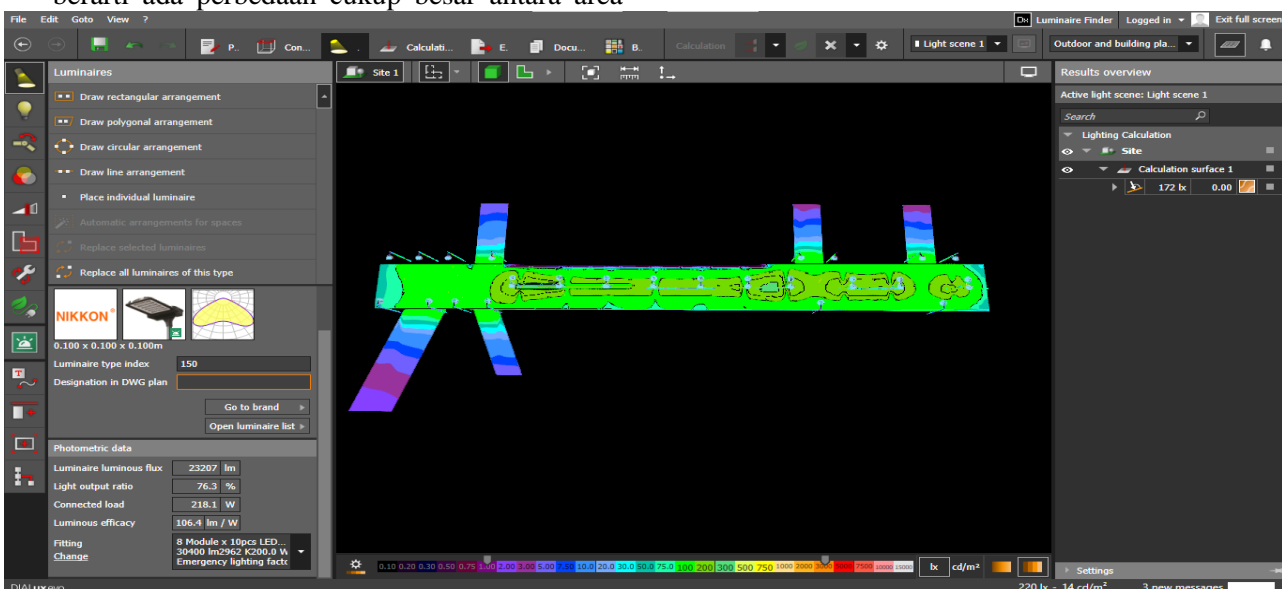
- 4. Konsumsi Energi (20.000 W):

Untuk seluruh panjang jalan yang disimulasikan, konsumsi energi mencapai 20.000 W. Lampu HPS terkenal memiliki efisiensi energi yang lebih rendah dibandingkan teknologi LED. Ini berarti lebih banyak energi dibutuhkan untuk menghasilkan tingkat pencahayaan yang sama.

Pencahayaan menggunakan lampu HPS memiliki beberapa kelemahan: luminansi yang rendah, distribusi cahaya tidak merata (uniformitas buruk), dan tingkat glare yang tinggi. Selain itu, konsumsi energi yang besar menjadi beban operasional yang signifikan.

8. Optimasi dengan Lampu LED (120 W, Efikasi 150 lm/W)

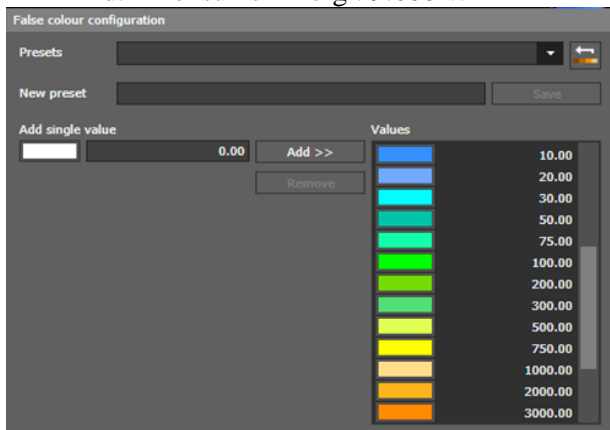
Hasil Simulasi dan False Colour dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Simulasi Dialux

Keterangan:

- a. Luminansi Rata-rata: 0,8 cd/m²
- b. Uniformitas: 0,6
- c. Tingkat Glare (UGR): 25
- d. Konsumsi Energi: 9.600 W



Gambar 4. False Colour

1. Luminansi Rata-rata (0,8 cd/m²):
Luminansi meningkat menjadi 0,8 cd/m², memberikan pencahayaan yang lebih terang dan lebih aman bagi pengguna jalan. Nilai ini menunjukkan perbaikan signifikan dalam visibilitas dibandingkan dengan lampu HPS, yang penting untuk meningkatkan keselamatan di malam hari.
2. Uniformitas (0,6):
Peningkatan uniformitas dari 0,4 menjadi 0,6 berarti distribusi cahaya lebih merata di sepanjang jalan. Uniformitas yang lebih tinggi mengurangi area gelap dan memastikan bahwa seluruh bagian jalan mendapatkan pencahayaan yang cukup. Dengan pencahayaan yang lebih konsisten, pengendara bisa lebih mudah mengidentifikasi rintangan atau objek di jalan.
3. Tingkat Glare (UGR = 25):
Tingkat glare menurun menjadi 25, yang berarti lampu LED memberikan pencahayaan yang lebih nyaman dan minim gangguan visual bagi pengendara. LED modern dirancang dengan lensa optik yang mampu mengarahkan cahaya lebih efektif, mengurangi penyebaran cahaya yang tidak diinginkan, dan menekan potensi silau.
4. Konsumsi Energi (9.600 W):
Konsumsi energi berkurang secara signifikan, dari 20.000 W menjadi 9.600 W, menghasilkan penghematan energi hingga 52%. Efisiensi ini dicapai karena lampu LED memiliki efikasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan lampu HPS. Dengan daya yang lebih kecil, lampu LED mampu menghasilkan pencahayaan yang lebih baik. Penghematan energi ini tidak hanya menurunkan biaya listrik,

tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon, mendukung program keberlanjutan energi.

Penerapan lampu LED sebagai pengganti lampu HPS memberikan berbagai keuntungan:

1. Peningkatan luminansi dan uniformitas, membuat jalan lebih terang dan aman.
2. Penurunan glare, meningkatkan kenyamanan pengendara.
3. Penghematan energi yang signifikan, yang berdampak langsung pada efisiensi biaya dan ramah lingkungan.

Tabel 4.

Parameter	Lampu HPS (Eksisting)	Lampu LED (Optimasi)	Perubahan/Keuntungan
Luminansi (cd/m ²)	0,6	0,8	+33%
Uniformitas	0,4	0,6	+50%
Glare (UGR)	30	25	-16,7%
Konsumsi Energi (W)	20.000	9.600	-52%

B. Analisis Hasil

Bagian ini menyajikan analisis komprehensif terhadap hasil simulasi pencahayaan yang telah dilakukan. Analisis ini mencakup perbandingan kualitas pencahayaan, efisiensi energi, serta dampak lingkungan dan ekonomi. Fokus utama adalah mengukur bagaimana lampu LED dapat meningkatkan performa pencahayaan, menghemat energi, dan memberikan manfaat jangka panjang.

A. Perbandingan Kualitas Pencahayaan

Optimasi menggunakan lampu LED menghasilkan:

1. Peningkatan Luminansi Rata-rata (33% lebih terang):
 - a. Luminansi adalah tingkat kecerahan permukaan jalan yang terlihat oleh mata pengendara.
 - b. Peningkatan 33% menunjukkan bahwa dengan lampu LED, jalan menjadi lebih terang dibandingkan dengan kondisi eksisting (lampu HPS).
 - c. Luminansi yang lebih tinggi memberikan visibilitas yang lebih baik, sehingga pengendara dapat lebih mudah mengidentifikasi rintangan, marka jalan, dan pejalan kaki di malam hari.
 - d. Peningkatan ini berkontribusi langsung pada peningkatan keselamatan di jalan, terutama pada kondisi minim cahaya seperti saat hujan atau berkabut.

2. Uniformitas yang Lebih Baik:
 - a. Uniformitas mengacu pada seberapa merata distribusi cahaya di sepanjang jalan.
 - b. Lampu LED memiliki kemampuan untuk mendistribusikan cahaya dengan lebih konsisten, sehingga mengurangi perbedaan antara area terang dan gelap di jalan.
 - c. Distribusi cahaya yang kurang efektif dapat menyebabkan titik gelap yang sering terjadi pada sistem pencahayaan menggunakan lampu HPS, di mana terdapat pepohonan di sepanjang jalan yang dapat menghalangi cahaya sehingga terdapat bagian jalan yang gelap atau tertutup bayangan.
 - d. Uniformitas yang baik memastikan bahwa seluruh permukaan jalan mendapatkan pencahayaan yang cukup, meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi pengendara.
 3. Pengurangan Glare (Silau):
 - a. Glare (UGR) adalah efek silau yang dapat mengganggu penglihatan pengendara. Silau berlebihan dapat menyebabkan kelelahan mata dan menurunkan konsentrasi saat berkendara.
 - b. Dengan penggunaan lampu LED, tingkat glare menurun dari UGR 30 menjadi 25. Pengurangan ini berarti visibilitas yang lebih nyaman tanpa silau yang mengganggu.
 - c. Desain lensa asimetris pada lampu LED membantu mengarahkan cahaya hanya ke area jalan yang diperlukan, sehingga meminimalisir cahaya yang masuk langsung ke mata pengendara.
- B. Efisiensi Energi**
1. Pengurangan Konsumsi Energi (52% lebih hemat):
 - a. Salah satu keuntungan utama penggunaan lampu LED adalah efisiensinya dalam mengubah energi listrik menjadi cahaya.
 - b. Konsumsi energi turun dari 20.000 W menjadi 9.600 W untuk seluruh jalan, menghasilkan penghematan energi sebesar 52%.
 - c. Pengurangan ini sangat signifikan, terutama jika diterapkan pada skala besar seperti proyek pencahayaan jalan di seluruh kota.
 - d. Efisiensi energi ini mendukung target pemerintah dan industri dalam menurunkan konsumsi listrik nasional serta mendorong transisi ke teknologi hemat energi.
 2. Efikasi Lampu LED yang Lebih Tinggi:
 - a. Efikasi mengukur seberapa efisien lampu mengubah listrik menjadi cahaya, dinyatakan dalam lumen per watt (lm/W).
 - b. Lampu LED yang digunakan memiliki efikasi 150 lm/W, jauh lebih tinggi dibandingkan lampu HPS yang berkisar 70-90 lm/W.
 - c. Dengan efikasi yang lebih tinggi, lampu LED dapat menghasilkan lebih banyak cahaya dengan daya yang lebih rendah, sehingga lebih hemat energi dan ramah lingkungan.
- C. Dampak Lingkungan dan Ekonomi**
1. Pengurangan Emisi Karbon:
 - a. Dengan mengurangi konsumsi energi hingga 52%, secara langsung juga akan menurunkan jumlah emisi karbon dari pembangkit listrik.
 - b. Pengurangan emisi gas rumah kaca (CO₂) berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim dan menjaga kualitas udara.
 - c. Proyek ini mendukung program pemerintah dalam mencapai Net Zero Emission serta meningkatkan peringkat keberlanjutan suatu daerah atau perusahaan.
 2. Efisiensi Biaya Operasional:
 - a. Lampu LED memiliki masa pakai yang lebih panjang (hingga 50.000 jam atau lebih) dibandingkan lampu HPS yang biasanya hanya bertahan sekitar 12.000-20.000 jam.
 - b. Durabilitas lampu LED yang lebih baik mengurangi frekuensi penggantian lampu, sehingga menurunkan biaya pemeliharaan dan penggantian.
 - c. Pengurangan jumlah tiang lampu karena jarak antar tiang yang lebih panjang (dari 25 meter menjadi 30 meter) juga mengurangi biaya pemasangan infrastruktur awal.
 - d. Efek jangka panjang: Investasi awal untuk mengganti lampu HPS dengan LED mungkin lebih tinggi, tetapi penghematan energi dan biaya pemeliharaan akan memberikan return on investment (ROI) yang cepat.
- D. Implikasi dan Pembahasan Hasil Simulasi**
1. Implikasi Penelitian
 2. Implikasi Teknis:
 - a. Metode simulasi ini dapat diterapkan pada ruas jalan lain dengan penyesuaian parameter seperti lebar jalan, jenis permukaan, dan ketinggian tiang.

- b. Teknologi LED dapat digunakan secara luas tidak hanya untuk jalan perkotaan, tetapi juga jalan pedesaan, kawasan industri, dan jalan tol.
- c. Skalabilitas tinggi membuat metode ini relevan untuk berbagai proyek pencahayaan skala besar dan kecil.

3. *Implikasi Ekonomi:*

- a. Penghematan energi sebesar 52% berdampak langsung pada pengurangan biaya listrik yang harus dibayar oleh pemerintah daerah atau pengelola jalan.
- b. Penggunaan lampu LED yang memiliki masa pakai lebih panjang mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan, sehingga anggaran bisa dialokasikan untuk proyek lain.
- c. ROI (Return on Investment) cepat karena pengurangan tagihan listrik dan biaya perawatan, membuat proyek ini ekonomis dalam jangka panjang.

4. *Implikasi Lingkungan:*

- a. Pengurangan konsumsi energi berarti menurunkan emisi karbon yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbasis fosil.
- b. Hal ini sejalan dengan program pembangunan berkelanjutan dan upaya pemerintah dalam menurunkan emisi karbon dan menghadapi perubahan iklim.
- c. Penerangan jalan ramah lingkungan mendukung visi kota hijau (green city) dan pengurangan jejak karbon di sektor transportasi dan infrastruktur.

E. *Pembahasan Hasil Simulasi*

1. Kepatuhan Terhadap Standar SNI
Pencahayaan LED hasil optimasi memenuhi standar pencahayaan jalan nasional, memastikan aspek keselamatan dan kenyamanan terpenuhi.
2. Keunggulan Teknologi Dialux dan LED
Dialux sebagai alat simulasi memungkinkan perencanaan yang presisi dan membantu menemukan solusi pencahayaan yang paling efisien dan ekonomis.
3. Efisiensi Energi dan Dampak Ekonomi
Penghematan energi dan penurunan biaya operasional berdampak langsung pada efisiensi biaya pemerintah daerah.
4. Dampak Lingkungan yang Positif
Penelitian ini mendukung pembangunan berkelanjutan dan program pemerintah dalam mencapai net zero emission.

9. KESIMPULAN

Hasil penelitian perencanaan pencahayaan lampu jalan di Jalan Soekarno Hatta Kabupaten Jombang, menunjukkan bahwa sistem pencahayaan eksisting menggunakan lampu sodium tekanan tinggi (HPS) 250 W memiliki beberapa kelemahan dalam hal efisiensi energi dan kualitas distribusi cahaya. Simulasi menggunakan Dialux menunjukkan bahwa luminansi rata-rata pencahayaan eksisting hanya mencapai 0,6 cd/m² dengan tingkat uniformitas 0,4, serta konsumsi energi mencapai 20.000 W untuk sepanjang jalan. Penempatan tiang lampu yang kurang efektif menyebabkan adanya area gelap di beberapa titik jalan, yang berpotensi mengurangi keselamatan pengguna jalan. Tingkat glare yang cukup tinggi juga dapat menyebabkan ketidaknyamanan visual bagi pengendara.

Optimasi pencahayaan dengan menggunakan lampu LED 120 W memberikan peningkatan signifikan pada efisiensi energi dan kualitas pencahayaan. Luminansi rata-rata meningkat menjadi 0,8 cd/m² dengan uniformitas 0,6, sementara konsumsi energi berkurang sebesar 52%, dari 20.000 W menjadi 9.600 W. Selain itu, tingkat glare turun dari 30 menjadi 25, yang menunjukkan peningkatan kenyamanan visual. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi lampu LED tidak hanya mampu meningkatkan kualitas pencahayaan jalan tetapi juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional. Dengan demikian, penerapan teknologi LED menjadi solusi yang tepat untuk meningkatkan kualitas pencahayaan dan efisiensi energi di kawasan perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Febriyursandi, A. Z. Azryenni, and A. Hamzah, "Design Lighting Quality Based on DIALux Evo 8.1," *J. Sci. Appl. Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 42, 2019.
- [2] M. L. Nurrohman, P. Feros, Wahyuning, R. F. Madina, and N. Pratiwi, "Efficient Lighting Design for Multiuse Architecture Studio Classroom using Dialux Evo 9," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 738, no. 1.
- [3] M. Syukri, T. Multazam, and A. Malek, "Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum di Kampus UNIDA," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 2493–2498, 2021.
- [4] M. Hemmerling, M. Seegers, and D. Witzel, "Calculation of energy saving potential for lighting with DIALux evo," *Energy Build.*, vol.

- 278, 2023.
- [5] A. I. Maulana and Y. Kusuma, "Analysis of Natural Lighting and Visual Comfort Multipurpose Hall Building Using Software DIALux Evo 10.0 Case Study: Multipurpose Hall Building of Imbanagara Raya Ciamis Village Chief's Office, West Java," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 1058, no. 1.
- [6] M. D. Evo, "Simulasi pencahayaan alami dan buatan pada ruangan kelas menggunakan dialux evo 12.0," vol. VI, no. 1, pp. 102–107, 2024.
- [7] ASHRAE, "90.1 User's Manual ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 - 2004," *ASHRAE Stand.*, p. 392, 2004.
- [8] IESNA, *IESNA Lightning Handbook*. 2018.
- [9] N. Strbac-Hadzibegovic and M. Kostic, "Modifications to the CIE 115-2010 procedure for selecting lighting classes for roads," *Light. Res. Technol.*, vol. 48, no. 3, pp. 340–351, 2016.
- [10] M. Mustaqim and M. Haddin, "Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 6, no. 1, p. 106, 2017.
- [11] I. D. Arirohman, P. Yunesti, R. M. Wicaksono, A. B. Harahap, A. Miranto, D. Arysandi, Y. Fatmawati, and R. R. Wahab, "Pemanfaatan Panel Surya sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kampung Wisata Agrowidya, Rajabasa Jaya, Lampung," *J. Abdi Masy. Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 365–372, 2021.