

ANALISIS DESAIN DAN SIMULASI PENCAHAYAAN DI KERETA K1 DAN KERETA MAKAN STAINLESS STEEL

DESIGN ANALYSIS AND LIGHTING SIMULATION IN K1 AND DINING CAR OF STAINLESS STEEL TRAIN

Halimatus Sa'diyah¹, Alfi Tranggono Agus Salim², Wida Yuliar Rezika³, Rahardian
Titus Nurdiansyah⁴, Muhammad Ibram Hibbanurrohim⁵

^{1,2,3}Program Studi Sarjana Terapan Perkeretaapian, Jurusan Teknik, Politeknik
Negeri Madiun, Madiun, Indonesia

^{4,5}Divisi Teknologi, Departemen Engineering, PT INKA (Persero), Madiun, Indonesia

¹halimatusdiah0714@gmail.com, ²alfitranggono@pnm.ac.id, ³widayuliar@pnm.ac.id,
⁴rahardian.titus@inka.co.id, ⁵muh.ibram842@gmail.com

Abstrak : Sistem pencahayaan adalah faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan penumpang di kereta api. Pencahayaan berkaitan dengan produktivitas manusia menjadi faktor pendukung kenyamanan dan keamanan. Standar pencahayaan minimum di kereta *stainless steel* senilai 300 lux (PM No: KM. 41 Tahun 2010) dan kondisi *emergency* senilai 5 lux (UIC 555 1st edition). Standar nilai *uniformity* mengacu UIC 555 1st edition. Permasalahan penelitian adalah kesesuaian nilai pencahayaan ruang terhadap standar keberterimaan yang berpengaruh pada kenyamanan visual penumpang. Tujuan penelitian adalah analisis desain dan simulasi pencahayaan di kereta K1 dan kereta makan *stainless steel* pada kondisi normal dan *emergency*. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan pengukuran, observasi, dan simulasi pada *software* DIALux Evo. Hasil penelitian dianalisis dari pengukuran dan simulasi adalah nilai intensitas cahaya untuk kondisi normal memenuhi nilai standar minimum dan beberapa ruang kondisi *emergency* di bawah standar minimum. Nilai *uniformity* di kereta memenuhi nilai standar yang direkomendasikan serta ditemukan variasi warna dan elemen interior yang berpengaruh terhadap nilai refleksi cahaya. Penelitian ini menghasilkan saran/masukan terkait ide/konsep dalam rangka meningkatkan kualitas sistem pencahayaan untuk menunjang kenyamanan serta keamanan penumpang.

Kata kunci : intensitas cahaya; kereta api; sistem pencahayaan; *stainless steel*; *uniformity*.

Abstract : The lighting system is a factor that influences passenger comfort on trains. Lighting is related to human productivity and supporting factor for comfort and safety. The minimum lighting standard in *stainless steel* trains is 300 lux (PM No: KM. 41 of 2010) and emergency conditions is 5 lux (UIC 555 1st edition). The *uniformity* value standard refers to UIC 555 1st edition. The research problem is suitability of room lighting values to acceptance standards which influence the visual comfort of passengers. The aim of the research is design analysis and lighting simulation in K1 and dining car of *stainless steel* in normal and emergency conditions. This research uses experimental quantitative methods with measurements, observations and simulations on DIALux Evo software. The research results analyzed from measurements and simulations show that the light intensity value for normal conditions meets the minimum standard value and some emergency rooms is below the minimum standard. The *uniformity* value on the train meets the recommended standard value and variations in color and interior elements are found which influence the light reflection value. This research produces suggestions/input regarding ideas/concepts in order to improve the quality of lighting systems to support passenger comfort and safety.

Keywords : light intensity; train; lighting system; *stainless steel*; *uniformity*.

1. PENDAHULUAN

Satu dari beberapa faktor kenyamanan penumpang pada transportasi kereta api ditinjau dari kenyamanan visual yang berasal dari tingkat cahaya, kontras, dan silau (Mohammadi, dkk. 2020). Pencahayaan yang baik memungkinkan manusia untuk melihat objek yang dikerjakan secara jelas dan cepat (Azriyenni, dkk. 2019).

Intensitas penerangan merupakan aspek yang paling diutamakan. Jika nilai intensitas cahaya berada di bawah standar yang direkomendasikan maka menimbulkan ketidaknyamanan dalam melakukan pekerjaan di suatu ruangan (Wulandari & Isfiaty, 2021). Ketidaksihinggaan antara kondisi ruang dengan standar pencahayaan ruang bisa menjadi penyebab kelelahan pada mata yang mengakibatkan mata harus kontraksi berlebihan untuk menyesuaikan cahaya (Yusvita, 2021). Faktor lain yang diperhatikan adalah pemerataan pencahayaan (*uniformity*) ruang, diartikan sebagai rasio dari pencahayaan minimal di atas area rata-rata pencahayaan (Puni, dkk. 2020). Persamaan *uniformity* dihasilkan dari pembagian antara nilai *uniformity* minimum dengan nilai kuat penerangan rata-rata. Nilai keseragaman ditentukan berdasarkan jumlah, sudut cahaya, jenis dan posisi pemasangan lampu (Irmawanto, dkk. 2024). Faktor yang mempengaruhi ketidakmerataan pencahayaan ruang diantaranya letak lampu yang mengakibatkan distribusi cahaya di setiap sudutnya berbeda (Putri & Sudarti, 2022). Semakin tinggi nilai keseragaman maka pemerataan atau distribusi cahaya yang dihasilkan baik (Faizi, dkk. 2023). Pencahayaan berdasarkan cara distribusinya dibedakan menjadi distribusi pencahayaan difus, langsung/*direct*, semi langsung, tidak langsung/*indirect*, dan semi tidak langsung (Syoufa & Ahda, 2024). Penelitian (Mohammadi, dkk. 2020) menghasilkan tingkat pencahayaan pada kereta lama rendah (kurang dari 200 lux), sedangkan pada kereta baru tingkat pencahayaan sangat cerah (memenuhi ambang batas 300 lux). Penilaian kenyamanan visual dari pencahayaan dikatakan tepat ketika dihasilkan kesesuaian antara hasil terukur dengan teori dan standar serta persepsi penggunaannya. Menurut (Lai, dkk. 2020) tata letak sistem penerangan yang tepat mampu memenuhi kebutuhan penerangan dan berpengaruh pada konsumsi energi. Daya lampu yang digunakan berpengaruh pada nilai intensitas cahaya di suatu ruangan (Putri & Sudarti, 2022). Warna yang dihasilkan sumber cahaya berpengaruh terhadap suasana ruang. Sinar buatan memiliki spektrum cahaya putih terbatas sehingga menghasilkan efek yang berbeda dan berpengaruh pada warna objek yang terkena cahaya. Warna cahaya berdasarkan *color temperature* (CT) dalam satuan kelvin diantaranya *warm white* (>3.000 kelvin) berwarna kekuningan, *cool white* (3.000 – 5.000 kelvin) berwarna antara kuning-putih ke putih-biru, dan *cool daylight* (>5.000 kelvin) berwarna antara putih-biru ke biru terang (Indrawan & Wijaya, 2022). Sumber cahaya buatan memberikan efek *color rendering* objek yang dikenai cahaya (The Lighting Handbook, 2018). Semakin tinggi nilai *color rendering*, warna objek semakin mendekati warna aslinya (Laela Latifah, 2015). Standar *Color Rendering Index* (CRI) Indonesia dengan Ra. dalam satuan persen (Laela Latifah, 2015; SNI 03-6575-2001) diantaranya *Index 1/CRI = 1* (nilai Ra. 85 – 100%), *Index 2/CRI = 2* (nilai Ra. 70 – 85%), *Index 3/CRI = 3* (nilai Ra. 40 – 70%), serta *Index 4/CRI = 4*, (nilai Ra. kurang dari 40%).

Refleksi cahaya dari setiap permukaan ruang mempengaruhi besarnya pencahayaan. Pada ruangan yang membutuhkan tingkat pencahayaan tinggi, disarankan menggunakan warna yang menghasilkan daya pantul maksimal. Semakin terang warna elemen suatu interior, semakin tinggi tingkat refleksi yang dihasilkan sehingga berpengaruh terhadap tingkat iluminasi ruangan (Septiady, dkk. 2021). Faktor lain yang mempengaruhi nilai intensitas cahaya adalah jarak sumber cahaya terhadap bidang yang terkena pancaran cahaya (Azis, dkk. 2019). Pada kereta api terdiri dari beberapa ruang dengan fungsinya masing-masing, sehingga kesesuaian intensitas pencahayaan ruang menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan visual pengguna ruang. Ruang yang memiliki persentase tinggi terhadap

aktivitas penumpang adalah kereta K1 dan kereta makan. Pada kereta K1, terdiri dari ruang penumpang yang memerlukan tingkat pencahayaan memadai untuk menunjang segala aktivitas penumpang. Pada kereta makan tingkat intensitas cahaya disesuaikan untuk menunjang aktivitas yang erat kaitannya dengan kegiatan di ruang makan dan dapur (Hibbanurrohm, 2022). Berdasarkan faktor keamanan dan keselamatan transportasi, ketersediaan sistem pencahayaan *emergency* menjadi penting karena fungsinya menyediakan penerangan dan pengarahan di area-area tertentu ketika kondisi darurat (UIC 555 1st edition). Oleh karena itu, dari segi fungsi dan kebutuhan pencahayaan yang diterapkan di suatu ruang penting untuk dipertimbangkan (Wulandari & Isfiaty, 2021). Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, dilakukan pengamatan, pengukuran, dan analisis tingkat pencahayaan guna menghasilkan gambaran terkait kondisi pencahayaan suatu ruang.

Persyaratan penerangan pada ruang penumpang memiliki intensitas cahaya minimum 300 lux dan lampu tidur dengan intensitas cahaya 60–100 lux (titik lampu disesuaikan kebutuhan). Pada kereta makan terdiri dari ruang dapur dan ruang makan dengan intensitas cahaya minimum 300 lux (titik lampu disesuaikan kebutuhan). Ditinjau dari faktor keamanan dan keselamatan transportasi, ketersediaan sistem *emergency* menjadi hal yang penting dalam memberikan pengamanan ketika terjadi hal yang tidak diinginkan (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM. 41 Tahun 2010).

Pada penelitian ini dilakukan analisis desain pencahayaan pada penumpang di kereta api *stainless steel* kelas eksekutif pada dua kondisi yaitu kondisi pencahayaan normal dan *emergency*. Selain itu, belum ada penelitian yang membahas sistem pencahayaan saat kondisi normal dan *emergency* di kereta K1 dan kereta makan *stainless steel*. Tujuan penelitian adalah menganalisis tingkat intensitas cahaya, pengaruh objek interior, dan pemerataan pencahayaan pada kereta K1 dan kereta makan. Dari hasil analisis, dilakukan proses simulasi pencahayaan menggunakan *software* DIALux Evo. *Software* DIALux Evo memiliki peran mensimulasikan ruang dengan tata cahaya untuk memperkirakan kualitas dari suatu ruang baik dari segi kenyamanan maupun keamanan (Pahlevi & Muliadi, 2022). Penelitian ini menghasilkan analisis kondisi pencahayaan kereta api *stainless steel* kelas eksekutif dan menghasilkan saran/masukan terkait ide/konsep dalam rangka meningkatkan kualitas sistem pencahayaan untuk menunjang kenyamanan serta keamanan penumpang.

2. KASUS STUDI DAN METODE PENELITIAN

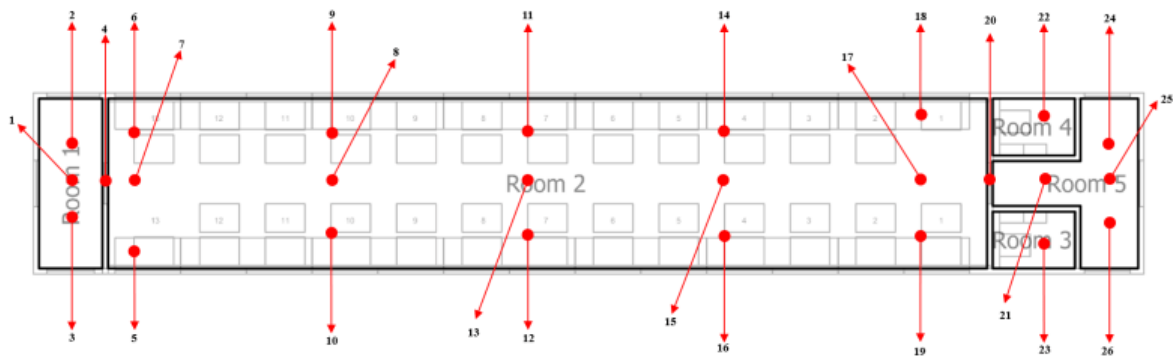
Metode penelitian adalah kuantitatif–eksperimental untuk menganalisis sistem pencahayaan pada kereta api *stainless steel* dan faktor yang berpengaruh terhadap kualitas sistem pencahayaan.

A. Metode Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur Lux Meter pada kondisi kereta statis tetapi komponen pencahayaan menyala. Waktu pengukuran pada malam hari (18.00 – 22.00 WIB). Proses simulasi pencahayaan menggunakan *software* DIALux Evo berdasarkan data hasil pengukuran dan observasi. Pada tahap akhir dilakukan analisis dan perbandingan antara hasil pengukuran dan simulasi.

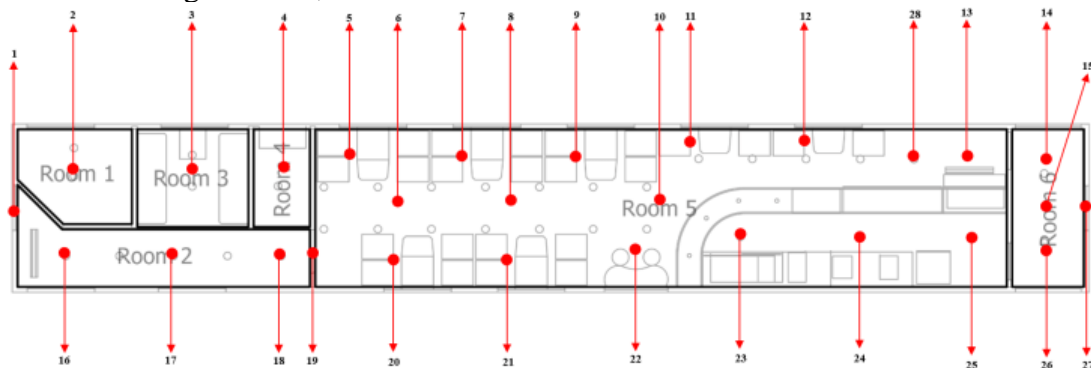
B. Metode Pengukuran Tingkat Iluminasi

Pengukuran tingkat iluminasi difokuskan untuk area yang lebih banyak interaksi dengan penumpang yaitu ruang penumpang dan kereta makan. Penentuan jarak pengukuran mengacu standar UIC 555 1st edition. Pada kereta K1 terdiri dari 26 titik pengukuran (Gambar 1) yang tersebar di seluruh ruangan yaitu bordes, ruang penumpang, dan toilet. Jarak pengukuran untuk ruang penumpang/room 2 adalah 0,8m dari atas lantai dan 0,6m dari belakang tempat duduk; bagian bordes/room 1 dan koridor samping/room 5 dengan ketentuan jarak 0,8m dari atas lantai; dan area toilet/room 3 dan room 4 dengan jarak 1,50m dari atas lantai.



Gambar 1 : Titik Pengukuran di Kereta K1

Pada kereta makan terdiri dari 28 titik pengukuran (Gambar 2) yang tersebar di seluruh ruangan yaitu ruang operator/room 1, ruang crew/room 3, mushola/room 4, koridor/room 2), ruang makan dan dapur/room 5, serta bordes/room 6. Jarak pengukuran untuk keseluruhan ruang adalah 0,8m dari atas lantai.



Gambar 2 : Titik Pengukuran di Kereta Makan

C. Metode Simulasi Pencahayaan

Simulasi pencahayaan menggunakan *software* Dialux Evo dengan mengacu data hasil pengukuran dan *layout* ruang mengacu pada produk PT INKA (Persero) yaitu kereta *stainless steel* tahun produksi 2018 (Gambar 3) (Hibbanurrohim, 2022). Tahapan pada simulasi diantaranya membuat *layout* ruangan; melakukan *setting* iluminasi; menginputkan warna interior; melakukan *setting* skenario pencahayaan; menentukan spesifikasi, jumlah dan titik pemasangan lampu; menentukan parameter luas *working plane*; dan melakukan proses kalkulasi terhadap desain pencahayaan.



Gambar 3 : (a) Kereta Kelas Eksekutif *Stainless Steel* (b) Interior Kereta K1; (b) Interior Kereta Makan

Sumber: <https://www.inka.co.id>

D. Metode Analisis Data

Tahapan proses analisis data penelitian diantaranya, pertama menganalisis hasil pengukuran intensitas cahaya pada kondisi normal dan *emergency* di kereta K1 dan kereta makan. Tahap kedua menganalisis pengaruh objek interior terhadap kualitas cahaya. Tahap ketiga menganalisis nilai pemerataan pencahayaan. Tahap keempat menganalisis hasil simulasi pencahayaan ruang. Tahap kelima menganalisis hasil perbandingan data pengukuran dan simulasi berdasarkan kebutuhan penelitian. Standar pencahayaan minimum di kereta *stainless steel* senilai 300 lux (PM No: KM. 41 Tahun 2010) dan kondisi *emergency* senilai 5 lux (UIC 555 1st edition). Standar nilai *uniformity* pencahayaan mengacu UIC 555 1st edition. Data yang dihasilkan diantaranya data intensitas cahaya berdasarkan pengukuran dan simulasi; nilai refleksi cahaya pada interior; dan nilai *uniformity*/kemerataan cahaya.

3. HASIL DAN TEMUAN

A. Nilai Intensitas Cahaya

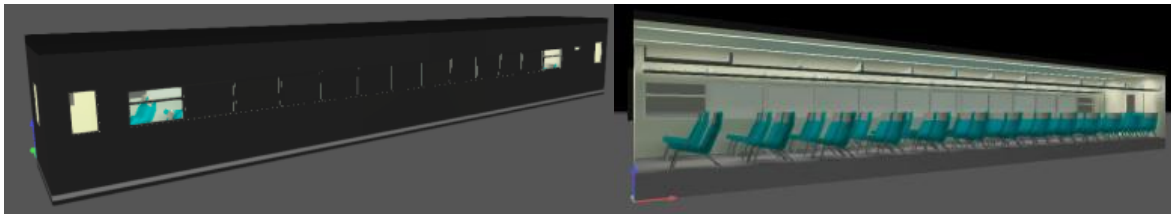
Dilakukan pengukuran tingkat iluminasi di kereta K1 dan kereta makan *stainless steel* serta proses simulasi untuk memvalidasi dan memvisualisasikan kondisi pencahayaan ruang. Standar keberterimaan mengacu pada PM No: KM. 41 Tahun 2010 dan UIC 555 1st edition. Data hasil pengukuran intensitas cahaya di kereta terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Data Intensitas Cahaya di Kereta K1 dan Kereta Makan Berdasarkan Hasil Pengukuran

Kereta K1	Nilai intensitas cahaya rata-rata (lux)	Kereta Makan	Nilai intensitas cahaya rata-rata (lux)
Pencahayaan normal			
Bordes 1	662	Ruang operator	310
Bordes 2	759,75	Ruang crew	534

Ruang penumpang	583,18	Mushola	270
Toilet 1	332	Koridor ruang	599,4
Toilet 2	334	Ruang makan dan dapur	683,63
		Bordes	502,5
Pencahayaan <i>Emergency</i>			
Bordes 1	0	Ruang operator	0
Bordes 2	0	Ruang <i>crew</i>	0
Ruang penumpang	13,78	Mushola	0
Toilet 1	332	Koridor ruang	20,6
Toilet 2	334	Ruang makan dan dapur	8
		Bordes	1

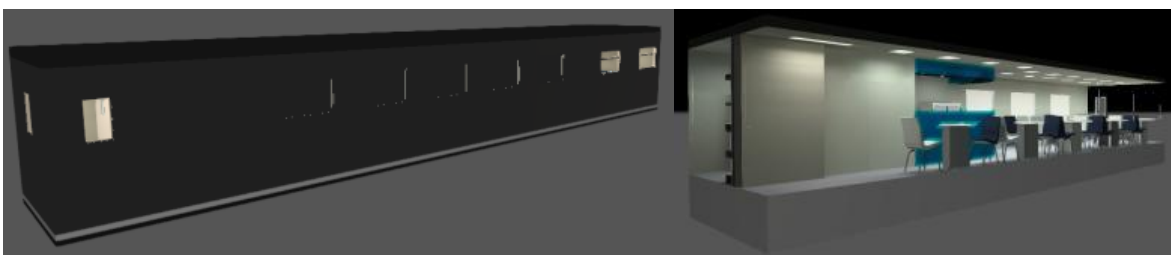
Data hasil pengukuran digunakan sebagai dasar dalam simulasi pencahayaan menggunakan *software* DIALux Evo. Hasil simulasi pencahayaan pada kereta K1 terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Hasil simulasi pada kereta makan terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



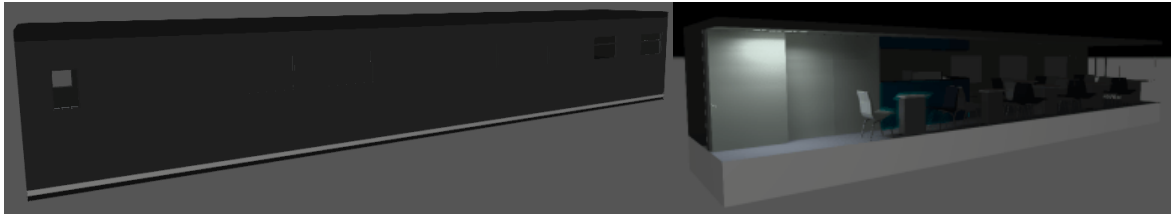
Gambar 4 : Gambaran Simulasi Pencahayaan di Kereta K1 (Kondisi Normal/Menyala)



Gambar 5 : Gambaran Simulasi Pencahayaan di Kereta K1 (Kondisi *Emergency*)



Gambar 6 : Gambaran Simulasi Pencahayaan Di Kereta Makan (Kondisi Normal/Menyala)



Gambar 7 : Gambaran Simulasi Pencahayaan di Kereta Makan (Kondisi *Emergency*)

Berdasarkan dari simulasi, dihasilkan data nilai intensitas cahaya di kereta K1 dan kereta makan sebagai berikut (Tabel 2):

Tabel 2 : Data Intensitas Cahaya Pada Kereta K1 dan Kereta Makan (Hasil Simulasi)

Kereta K1	Nilai intensitas cahaya rata-rata (lux)	Kereta Makan	Nilai intensitas cahaya rata-rata (lux)
Pencahayaan normal			
Bordes 1	516	Ruang operator	354
Bordes 2	585	Ruang <i>crew</i>	334
Ruang penumpang	405	Mushola	203
Toilet 1	328	Koridor ruang	343
Toilet 2	332	Ruang makan dan dapur	674
		Bordes	362
Pencahayaan <i>Emergency</i>			
Bordes 1	4,97	Ruang operator	1,88
Bordes 2	2,40	Ruang <i>crew</i>	0,07
Ruang penumpang	47,2	Mushola	0,069
Toilet 1	374	Koridor ruang	68,0
Toilet 2	381	Ruang makan dan dapur	6,27
		Bordes	3,29

B. Pengaruh Objek Interior Terhadap Kualitas Cahaya

Secara garis besar pencahayaan di kereta K1 dan kereta makan sesuai dengan standar minimum pencahayaan yang direkomendasikan, meskipun pada beberapa titik pengukuran nilai intensitas cahaya di bawah standar minimum. Faktor yang mempengaruhi kondisi tersebut diantaranya distribusi cahaya, daya lampu, warna cahaya, warna elemen interior, dan faktor refleksi cahaya ruang. Berdasarkan simulasi, dihasilkan nilai refleksi cahaya pada masing-masing ruang (Tabel 3).

Tabel 3 : Nilai Faktor Refleksi Pada Kereta K1 dan Kereta Makan (Hasil Simulasi)

No.	Permukaan refleksi	Nilai faktor refleksi
1	<i>Ceiling</i>	43% – 90%
2	<i>Walls</i>	29,8% – 90%
3	<i>Floor</i>	20% – 41,4%

C. Nilai Kemerataan Cahaya

Nilai *uniformity* pada kereta K1 dan kereta makan dihasilkan dari perhitungan data pengukuran dan hasil simulasi (Tabel 4). Standar keberterimaan mengacu pada UIC 555 1st edition.

Tabel 4 : Standar Nilai *Uniformity* Pada Kereta K1 dan Kereta Makan

No.	Keterangan Ruang	Standar Nilai <i>uniformity</i>	Nilai <i>uniformity</i> (hasil pengukuran)	Nilai <i>uniformity</i> (hasil simulasi)
1. Kereta K1				
Pencahayaan normal				
a.	Bordes 1	0,50	0,92	0,83
b.	Bordes 2	0,50	0,91	0,81
c.	Ruang penumpang	0,77	0,59	0,53
d.	Toilet 1	1,00	1,00	0,95
e.	Toilet 2	1,00	1,00	0,95
Pencahayaan <i>emergency</i>				
a.	Bordes 1		0	0,32
b.	Bordes 2		0	0,41
c.	Ruang penumpang	0,10	0	0,13
d.	Toilet 1		1,00	0,95
e.	Toilet 2		1,00	0,96
2. Kereta Makan				
Pencahayaan normal				
a.	Ruang operator	0,77	1,00	0,83
b.	Ruang <i>crew</i>	0,77	1,00	0,91
c.	Mushola	0,77	1,00	0,95
d.	Koridor ruang	0,25	0,90	0,66
e.	Ruang makan dan dapur	0,77	0,44	0,35
f.	Bordes	0,5	0,92	0,78
Pencahayaan <i>emergency</i>				
a.	Ruang operator		0	0,87
b.	Ruang <i>crew</i>		0	1,00
c.	Mushola		0	1,00
d.	Koridor ruang	0,10	0	0,02
e.	Ruang makan dan dapur		0	0
f.	Bordes		0	0,07

4. DISKUSI/PEMBAHASAN

A. Analisis Nilai Intensitas Cahaya

Tata letak dan elemen ruang pada kereta diantaranya luas ruang, penataan interior, lampu, jendela dan pintu. Pada hasil simulasi kereta K1 (Gambar 4 dan Gambar 5) interior

ruangan yang di inputkan pada simulasi terdiri dari kursi, bagasi, kloset dan wastafel toilet. Pada ruang penumpang terdiri dari *openable window* tanpa tirai dan *fix window* dengan kondisi tertutup tirai. Kursi penumpang terdiri dari konfigurasi kursi 2-2 dan kursi 1-1. Lampu diposisikan sebagaimana posisi sebenarnya pada kereta K1. Area bordes tanpa toilet terpasang 2 lampu LED 36 Watt dan area bordes dengan toilet terpasang 3 lampu yang sama. Area toilet masing-masing terpasang 1 lampu LED 18 Watt dan di ruang penumpang terpasang 21 lampu LED 36 Watt. Ketika kondisi *emergency*, seluruh lampu area bordes dalam kondisi mati kecuali pada ruang penumpang terpasang 3 lampu *emergency* yang menyala, dan lampu di area toilet tetap menyala.

Pada hasil simulasi kereta makan (Gambar 6 dan Gambar 7) interior ruangan yang di inputkan adalah kursi dan meja makan, lemari, serta beberapa elemen interior seperti *showcase*, rak penyimpanan makanan, dan lain-lain. Pada kereta makan, *openable window* di ruang operator dan ruang *crew* dalam kondisi tanpa tirai, sedangkan seluruh *fix window* di koridor dan ruang makan dalam kondisi tertutup tirai. Lampu diposisikan sebagaimana posisi sebenarnya pada kereta makan. Ruang operator dan *crew* masing-masing terpasang 2 lampu LED 15 Watt. Sedangkan mushola terpasang 1 lampu dan koridor terpasang 5 lampu dengan jenis yang sama ditambah dengan 1 lampu *emergency* LED 36 Watt. Pada ruang makan dan dapur terpasang 22 lampu LED 18 Watt dan 1 lampu *emergency* serta 7 lampu LED 10 Watt di mini bar. Untuk bordes terpasang 2 jenis lampu yang sama seperti pada ruang operator dan *crew*. Pada saat kondisi *emergency* seluruh lampu di kereta makan dalam kondisi mati, kecuali koridor dan ruang makan masing-masing terpasang 1 lampu *emergency*.

Berdasarkan data hasil penelitian (Tabel 1 dan Tabel 2), nilai intensitas cahaya di kereta K1 untuk kondisi pencahayaan normal/menyala memenuhi nilai standar minimum 300 lux (PM No: KM. 41 Tahun 2010), sedangkan pencahayaan *emergency* nilai intensitas cahaya pada area bordes di bawah nilai 5 lux (standar UIC 555 1st edition). Pada kereta makan, nilai intensitas cahaya area mushola di bawah nilai minimum standar 300 lux (PM No: KM. 41 Tahun 2010), sedangkan pencahayaan *emergency*, nilai intensitas cahaya di ruang operator, ruang *crew*, mushola, dan bordes berada di bawah nilai 5 lux (standar UIC 555 1st edition). Variasi nilai intensitas cahaya dipengaruhi oleh luas ruang, jarak sumber cahaya terhadap bidang pancaran cahaya, daya lampu, letak lampu, dan warna elemen interior. Semakin besar ukuran suatu ruang, semakin kecil intensitas cahaya di ruangan. Hal tersebut turut dipengaruhi dari jarak sumber cahaya terhadap bidang yang terkena pancaran cahaya (Azis, dkk. 2019). Ditemukan perbedaan antara nilai rata-rata intensitas cahaya hasil pengukuran dan simulasi. Faktor yang mempengaruhi diantaranya sensitivitas alat ukur dalam pembacaan data, serta kondisi lingkungan yang berbeda dengan kondisi simulasi (kondisi ideal, tidak ada faktor lain yang berpotensi mengganggu pembacaan data). Selain itu, nilai lux pada simulasi dihasilkan dari parameter luas *working plane*, sedangkan pada pengukuran nilai lux dihasilkan dari titik-titik pengukuran.

B. Analisis Pengaruh Objek Interior Terhadap Kualitas Cahaya

Faktor yang mempengaruhi besarnya pencahayaan di kereta api diantaranya distribusi cahaya, daya lampu, warna cahaya, warna elemen interior, dan faktor refleksi cahaya di ruangan.

- a. Distribusi cahaya yang digunakan di kereta adalah pencahayaan difus. Pemasangan *vinyl* transparan pada permukaan lampu difungsikan menciptakan pemerataan distribusi cahaya.
- b. Daya lampu yang digunakan di kereta bervariasi (10 – 36 Watt). Berdasarkan hasil penelitian, besar kecilnya daya lampu berpengaruh terhadap nilai intensitas cahaya. Sedangkan warna cahaya yang diaplikasikan pada kereta termasuk dalam kategori warna *cool white* dan *warm white* dengan nilai Ra pada *range* 80 – 100. Semakin tinggi nilai *color rendering*, warna objek semakin mendekati warna aslinya (Laela Latifah, 2015).
- c. Objek interior di kereta memiliki variasi bentuk dan warna. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, warna berpengaruh pada kualitas cahaya ruang karena memiliki keterkaitan dengan kuat penerangan. Semakin terang warna elemen interior, semakin tinggi tingkat refleksi yang dihasilkan (Septiady, dkk. 2021).

C. Analisis Nilai Pemerataan Cahaya (*Uniformity*)

Berdasarkan data pada Tabel 4, ditemukan perbedaan nilai *uniformity* hasil pengukuran dan simulasi. Meskipun dalam prosesnya, kondisi yang disimulasikan dibuat mirip dengan kondisi objek saat pengukuran. Faktor penyebabnya adalah perbedaan nilai intensitas cahaya hasil pengukuran (merujuk data pada Tabel 1) dengan hasil simulasi (merujuk data pada Tabel 2). Nilai intensitas cahaya di ruangan berpengaruh pada keseragaman pencahayaan ruang. Nilai keseragaman ditentukan berdasarkan jenis pemasangan lampu, jumlah lampu, sudut cahaya lampu, dan posisi pemasangan lampu (Irmawanto, dkk. 2024). Berdasarkan data hasil penelitian, area pada kereta K1 yang memiliki nilai *uniformity* di bawah standar rekomendasi UIC 555 1st edition adalah ruang penumpang (berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi) dan toilet (berdasarkan hasil simulasi). Untuk kondisi pencahayaan *emergency*, berdasarkan hasil pengukuran nilai *uniformity* pada bordes dan ruang penumpang berada di bawah standar yang direkomendasikan. Dihasilkan nilai *uniformity* sebesar 0, sebab nilai minimum pencahayaan dari hasil pengukuran adalah 0 lux. Sedangkan dari simulasi dihasilkan nilai *uniformity* lebih dari 0 bahkan mendekati 1, sebab nilai minimum yang terbaca pada simulasi adalah diatas 0 lux. Berdasarkan kondisi tersebut, pada saat *emergency* nilai intensitas pencahayaan sebenarnya tidak mutlak 0 sebab ada pengaruh cahaya dari lampu *emergency* yang menyala di sekitar ruangan. Faktor yang mempengaruhi kondisi tersebut diantaranya sensitivitas alat ukur dalam pembacaan data, serta kondisi lingkungan yang berbeda dengan kondisi simulasi (kondisi ideal).

5. KESIMPULAN

Pada kereta api terdiri dari beberapa ruang dengan fungsinya masing-masing, sehingga kesesuaian intensitas pencahayaan menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan visual penggunaannya. Rata-rata tingkat intensitas cahaya kereta K1 dan kereta makan *stainless steel* pada pukul 18.00 – 22.00 WIB pada sebagian besar ruang menunjukkan nilai yang memenuhi standar minimum pencahayaan yang mengacu pada PM No. 41 Tahun 2020 yaitu 300 lux. Pada beberapa ruang saat kondisi *emergency* menghasilkan nilai intensitas cahaya di bawah 5 lux (mengacu pada UIC 555 1st edition). Besarnya pencahayaan di ruangan dipengaruhi oleh refleksi cahaya dari setiap permukaan ruang. Setiap benda/objek memiliki warna yang bervariasi. Semakin terang warna interior atau warna suatu permukaan benda, nilai refleksi yang dihasilkan semakin tinggi. Nilai refleksi cahaya berpengaruh pada besar kecilnya nilai intensitas cahaya ruang. Nilai intensitas berpengaruh

pada keseragaman pencahayaan di ruangan. Nilai *uniformity* di kereta K1 dan kereta makan bervariasi. Adanya ketidakmerataan persebaran cahaya dipengaruhi oleh ketidakmerataan kuat penerangan di ruangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Azis, Abdul H., Rimbawati, Qayyim, Rifqi Fathullah. & Lubis, Faisal. (2019), “Analisa Penurunan tingkat Iluminasi Sistem Penerangan Terhadap Lifetime Lampu”, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 2, pp. 93–100. <https://jurnal.uns.ac.id/jmpf/article/download/51474/37575>
- Azriyenni., Febriyursandi, Riski. & Hamzah, Amir. (2019), *Teknik Pencahayaan Ruangan Via DIALUX EVO 8.1*, Taman Karya, Pekanbaru.
- Hibbanurrohim, Muhammad Ibram. (2022), Penerangan di kereta api.
- INKA. (2017), "Kereta Kelas Eksekutif Stainless Steel", Available at <https://www.inka.co.id> Accessed: 2023-12-02.
- Wijaya, Oribella Zelina. & Indrawan, Stephanus Evert. (2022), “Perancangan Showroom Melalui Pendekatan Energy Efficiency Berbasis Arsitektur Digital Oleh OZ Design”, *Jurnal KREASI*, Vol. 7, No. 2, pp. 106–125. <https://journal.uc.ac.id/index.php/KREASI/article/view/4190/2596>
- Irmawanto, Rudi., Astomo, Reynanda Bagus W. & Riski, Bobby Rahmadani. (2024), “Analisis dan Evaluasi Intensitas Pencahayaan pada Penerangan di Lapangan Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya”, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 7, No. 1, pp. 84–91. <https://journal.um-surabaya.ac.id/cyclotron/article/download/21722/7340/53465>
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia., (2002), “Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.”
- Lai, XiaoDong., Dai, MengYun. & Rameezdeen, Raufdeen. (2020), “Energy Saving Based Lighting System Optimization and Smart Control Solutions for Rail Transportation: Evidence from China” *Results in Engineering* 5 (Maret): 100096. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100096>
- Latifah, Nur Laela. (2015), *Fisika Bangunan 2*, Griya Kreasi (Penebar Swadaya Grup), Jakarta Timur
- Mohammadi, Alireza., Amador-Jimenez, Luis. & Nasiri, Fuzhan. (2020), “A Multi-Criteria Assessment of the Passengers’ Level of Comfort in Urban Railway Rolling Stock” *Sustainable Cities and Society* 53 (Februari): 101892. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101892>
- Septiady, R. Kurniawan Dwi., Fahmi, Muhammad Zahrul. & Riyanto, Fikri. (2021), “Analisa Kebutuhan Pencahayaan Ruang Kuliah Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan Dengan Menggunakan Software Calculux Indoor”, *Jurnal Cahaya Bagaskara*, Vol. 6, No. 2, pp: 30–38. https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/index
- Faizi, Mizan Al Akmal., Nisworo, Spto. & Pravitasari, Deria. (2023), “Evaluasi Penerangan Tempat Parkir Terbuka (Outdoor) pada Wisata Candi”, *AVITEC*, Vol. 5, No. 1, pp: 31–41. doi: <http://dx.doi.org/10.28989/avitec.v5i1.1479>
- Pahlevi, Muhammad Riza. & Muliadi. (2022), “Analisis dan Desain Tingkat Pencahayaan Pada Ruang Perpustakaan Universitas Iskandar Muda”, *Jambura Journal*, Vol. 4, No. 2, pp: 196–201. doi: <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.14501>
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM. 41 Tahun 2010. Standar Spesifikasi Teknis Kereta yang Ditarik Lokomotif

- Puni, Kirana Dewinta., Nurwidyaningrum, Dyah. & Apriliansyah, Cintya Triayu. (2020), “Evaluasi Sistem Pencahayaan Pada Ruang Baca Monograf Tertutup Lantai 12 dan Terbuka Lantai 21 Perpustakaan Nasional”, *Vitruvian Jurnal Arsitektur Bangunan dan Lingkungan*, Vol. 9, No. 3, pp: 157. doi: <https://doi.org/10.22441/vitruvian.2020.v9i3.005>
- Sudarti. & Putri, Sheika Fatma Diana. (2022), “Analisis Intensitas Cahaya di Dalam Ruangan dengan Menggunakan Aplikasi Smart Luxmeter Berbasis Android”, *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, Vol. 12, No. 2, pp: 51–55. doi: <https://doi.org/10.20961/jmpf.v12i2.51474>
- Ahda, Dewi Nastiti. & Syoufa, Ade. (2024), “Pengaruh Pencahayaan Buatan pada Starbucks Jatiuwung terhadap Kenyamanan Visual Penunjang”, *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, Vol. 13, No. 2, pp: 102–109. doi: <http://doi.org/10.32315/jlbi.v13i2.364>
- SNI 03-6575-2001. (2001), “Tata cara perencanaan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung”
- (2018), *The Lighting Handbook 6 ed*, Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn, Austria
- UIC 555 1st edition Electric Lighting in Passenger Rolling Stock*, t.t.
- Wulandari, Risti Ramadhania. & Isfiaty, Tiara. (2021), “Peran Pencahayaan Terhadap Suasana Ruang Interior Beehive Boutique Hotel Bandung”, *DIVAGATRA - Jurnal Penelitian Mahasiswa Desain*, Vol. 01, No. 02, pp: 179–191. doi: <https://doi.org/10.34010/divagatra.v1i2.5706>.
- Yusvita, Gita. (2021), “Analisis Pencahayaan Ruangan Pada Ruang Kelas di Universitas Singaperbangsa Karawang Menggunakan Dialux Evo 9.1”, *DIVAGATRA - Jurnal Serambi Engineering*, Vol. VI, No. 03, pp: 2160–2166. <https://mail.ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/3250/2465>.