

OPTIMALISASI PENCAHAYAAN LABORATORIUM SMK KESEHATAN MENGGUNAKAN SIMULASI DIALUX EVO 12.0

**Syafriyani¹, Niniek Pratiwi², Rahmayanti³,
Nur Mutmainnah⁴, Wahyu Saputra⁵, & Rizky Mokodompit⁶*

Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

**Syaf.rivani@ung.ac.id*

Abstrak: Optimalisasi Pencahayaan Laboratorium SMK Kesehatan Menggunakan Simulasi DIALux Evo 12.0

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem pencahayaan alami dan buatan yang paling optimal pada ruang Laboratorium Kesehatan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Kesehatan agar memenuhi standar pencahayaan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental berbasis simulasi digital menggunakan perangkat lunak DIALux Evo 12.0. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi pemodelan ruang 3D, memanipulasi variabel arsitektural (orientasi dan ukuran jendela), serta mencatat parameter intensitas penyebaran cahaya pada rentang waktu pukul 08:00 hingga 16:00. Hasil analisis menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan alami mengalami fluktuasi dan belum memenuhi standar SNI 03-6575-2001 (minimum 500 lux) secara konsisten, khususnya pada pukul 08:00 dan 16:00. Sebagai solusi, diterapkan rancangan sistem pencahayaan buatan menggunakan 24 buah lampu *single downlight* yang berhasil mendistribusikan cahaya secara presisi pada angka 450 hingga 550 lux di area kerja utama. Kesimpulannya, rancangan pencahayaan buatan ini berhasil menutupi kekurangan cahaya alami, memenuhi kriteria SNI, dan mampu menciptakan lingkungan belajar praktikum yang ideal bagi siswa.

Kata kunci: **Pencahayaan alami; Pencahayaan buatan; DIALux; SMK; Laboratorium Kesehatan.**

Abstract: Lighting Optimization of Health Vocational High School Laboratory Using DIALux Evo 12.0 Simulation

This study aims to analyze and design the most optimal natural and artificial lighting systems for the Health Laboratory room at a Health Vocational High School (SMK) to meet lighting standards. The research method used is a quantitative method with an experimental approach based on digital simulations using DIALux Evo 12.0 software. Data collection techniques were carried out through the observation of 3D spatial modeling, manipulating architectural variables (window orientation and size), and recording the parameters of light distribution intensity between 08:00 and 16:00. The analysis results indicate that the distribution of natural lighting fluctuates and does not consistently meet the SNI 03-6575-2001 standard (a minimum of 500 lux), particularly at 08:00 and 16:00. As a solution, an artificial lighting system design was implemented using 24 single downlights, which successfully distributed light precisely between 450 and 550 lux in the main work area. In conclusion, this artificial lighting design successfully compensates for the lack of natural light, meets the SNI criteria, and creates an ideal practical learning environment for students.

Keyword: Natural lighting; Artificial lighting; DIALux; SMK; Health laboratory

History & License of Article Publication:

Received: 21/05/2026 **Revision:** 29/05/2026 **Published:** 04/06/2026

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Perancangan ruang laboratorium kesehatan pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Kesehatan merupakan bangunan prioritas kedua setelah ruang kelas, yang berfungsi esensial untuk menunjang aktivitas pembelajaran praktikum. Pencahayaan baik secara alami maupun buatan, sangat krusial dalam menunjang kenyamanan visual dan konsentrasi siswa saat beraktivitas (Fleta, 2021). Oleh karena itu, tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan adalah 500 lux untuk fungsi ruangan lembaga pendidikan dalam skala laboratorium berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6575-2001). Untuk fasilitas pendidikan, evaluasi pencahayaan secara ketat yang merujuk pada standar SNI sangat diperlukan agar kesehatan mata pengguna tetap terjaga (Prasetya, Supriyono, & Purwiyanto, 2022). Pencahayaan yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan kelelahan mata karena pupil harus berkontraksi secara berlebihan. Hal ini diperkuat oleh penelitian Yusvita (2021), yang menyatakan bahwa pencahayaan yang sesuai standar dapat meningkatkan produktivitas kerja secara signifikan (10% hingga 50%), di mana peningkatan intensitas cahaya yang tepat terbukti mampu mengurangi tingkat kelelahan mata.

Pemenuhan standar cahaya ini sangat dipengaruhi oleh elemen arsitektural bangunan. Hal ini sejalan dengan penelitian Pratiwi, Imran, dan Apriyanto (2024) yang menyatakan bahwa orientasi dan bukaan bangunan yang optimal sangat krusial dalam memenuhi standar pencahayaan alami, terutama pada bangunan dengan karakteristik iklim yang spesifik. Namun, ketergantungan pada alam memiliki kelemahan; desain bukaan dan orientasi ruangan seringkali membuat distribusi cahaya matahari berfluktuasi, sehingga tidak mampu mencapai standar minimal secara konsisten sepanjang hari tanpa adanya intervensi cahaya buatan (Ariestadi dkk., 2023).

Sebagai rencana pemecahan masalah atas tantangan tersebut, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui simulasi digital. Perangkat lunak DIALux Evo 12.0 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendesain, memodelkan, dan menganalisis penyebaran cahaya secara presisi dalam perancangan ruang laboratorium kesehatan pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Kesehatan (Febriyursandi, Zakri, & Hamzah, 2019). Pendekatan serupa juga telah diakui secara luas keandalannya untuk mengoptimalkan perpaduan sistem pencahayaan alami dan buatan pada ruang edukasi (Saraswati, Wibawa, & Saputra, 2021). Tujuan utama dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman objektif mengenai pengaruh faktor-faktor arsitektural terhadap pencahayaan alami dan buatan di ruang laboratorium.

Penelitian ini dibangun berdasarkan landasan riset terdahulu. Pratiwi dan Djafar (2021) serta Romadhoni dan Subiyantoro (2024) telah membuktikan efektivitas analisis pencahayaan menggunakan simulasi, namun penelitian tersebut belum menunjukkan perbedaan dan integrasi yang spesifik pada fasilitas kejuruan. *Novelty* (kebaruan) dari penelitian ini terletak pada pendekatan presisi yang mengombinasikan evaluasi kelemahan cahaya alami di jam-jam kritis (fluktuasi pukul 08:00 dan 16:00) dengan intervensi *artificial lighting* secara spesifik pada laboratorium SMK Kesehatan, sekaligus

menganalisis potensi efisiensi tata ruang yang belum dibahas secara mendalam pada studi sebelumnya.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental berbasis simulasi digital. Proses pengumpulan data dilakukan melalui tahap observasi geometri ruang dan pemodelan simulasi pencahayaan secara virtual pada objek studi, yaitu desain ruang Laboratorium Kesehatan di SMK Kesehatan.

Parameter Input Simulasi DIALux Evo

Untuk memastikan validitas ilmiah dan keterulangan penelitian (*reproducibility*), seluruh parameter arsitektural dan spesifikasi teknis pencahayaan yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak DIALux Evo 12.0 dijabarkan secara rinci sebagai berikut:

1. Dimensi Geometri Ruang: Ruang laboratorium dimodelkan dengan ukuran panjang 13,5 m, lebar 10 m, dan tinggi ruangan (*floor-to-ceiling*) sebesar 3,5 m.
2. Bidang Kerja (*Workplane*): Kinerja pencahayaan diukur pada ketinggian bidang kerja standar meja laboratorium yaitu 0,75 m dari permukaan lantai, dengan menetapkan batas zona dinding (*wall zone*) sebesar 0,5 m.
3. Nilai Reflektansi Material Interior: Koefisien pantulan cahaya atau reflektansi komponen ruangan ditentukan berdasarkan material standar bernuansa terang untuk fasilitas higienis, yaitu: Plafon (*Ceiling*) sebesar 70% (0,70), Dinding (*Wall*) sebesar 60% (0,60), dan Lantai (*Floor*) sebesar 20% (0,20).
4. Faktor Perawatan (*Maintenance Factor*): Diatur pada angka 0,80, mengasumsikan kondisi ruangan bersih dengan pemeliharaan rutin.
5. Karakteristik Bukaam Alami (Jendela): Ruang dilengkapi dengan bukaam jendela pada dua sisi dinding yang berhadapan (sisi kiri menghadap Timur Laut dan sisi kanan menghadap Barat Daya). Masing-masing sisi memiliki 6 buah unit jendela berdimensi 1,5 m x 2,0 m dengan tinggi ambang jendela (*sill height*) 0,8 m dari lantai. Material bukaam menggunakan kaca bening (*clear glass*) dengan nilai transmitansi cahaya sebesar 80% (0,80).
6. Spesifikasi Lampu (Pencahayaan Buatan): Menggunakan jenis lampu *Single Downlight* (Philips CoreLine Downlight DN140B) sebanyak 24 unit. Parameter teknis per unit lampu meliputi: daya listrik 22 Watt, fluks cahaya (*luminous flux*) 2200 lumen, efikasi 100 lm/W, temperatur warna *Neutral White* (4000 Kelvin), dan Indeks Renderasi Warna (CRI/Ra) > 80.

Prosedur Pengumpulan Data dan Metrik Evaluasi

Pengumpulan data distribusi pencahayaan alami dilakukan dengan memodelkan pergerakan posisi matahari pada koordinat geografis objek studi pada rentang waktu operasional institusi, yaitu pukul 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, dan 16:00 WITA di bawah kondisi langit cerah rata-rata (*average clear sky*).

Metrik evaluasi kuantitatif yang dicatat dan dianalisis pada permukaan bidang kerja (*workplane*) berbasis pada indikator standar pencahayaan teknik meliputi:

- **Illuminasi Minimum (E_{min}):** Kuat penerangan terendah pada titik tertentu di bidang kerja (satuan lux).

- **Illuminasi Maksimum ($E_{\max}$):** Kuat penerangan tertinggi pada titik tertentu di bidang kerja (satuan lux).
- **Illuminasi Rata-rata (E_{avg}):** Nilai rata-rata kuat penerangan di seluruh permukaan bidang kerja (satuan lux).
- **Rasio Uniformitas Pencahayaan (U_0):** Tingkat kerataan sebaran cahaya yang dihitung melalui persamaan rasio antara iluminasi minimum dan iluminasi rata-rata ($U_0 = E_{\min} / E_{\text{avg}}$). Berdasarkan standar ergonomi visual, nilai U_0 pada area kerja disyaratkan minimal $\geq 0,40$ hingga 0,60 untuk mencegah ketegangan otot mata akibat kontras ruang yang ekstrem.

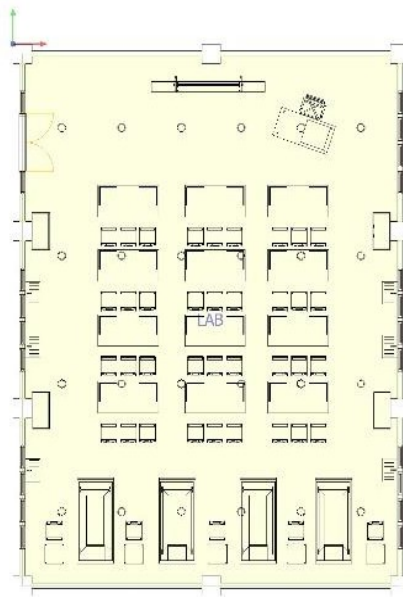
Analisis data dilakukan secara statistik deskriptif komparatif, di mana parameter metrik hasil simulasi dikomparasikan langsung dengan nilai ambang batas minimal 500 lux yang diwajibkan oleh SNI 03-6575-2001 untuk fungsi laboratorium pendidikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

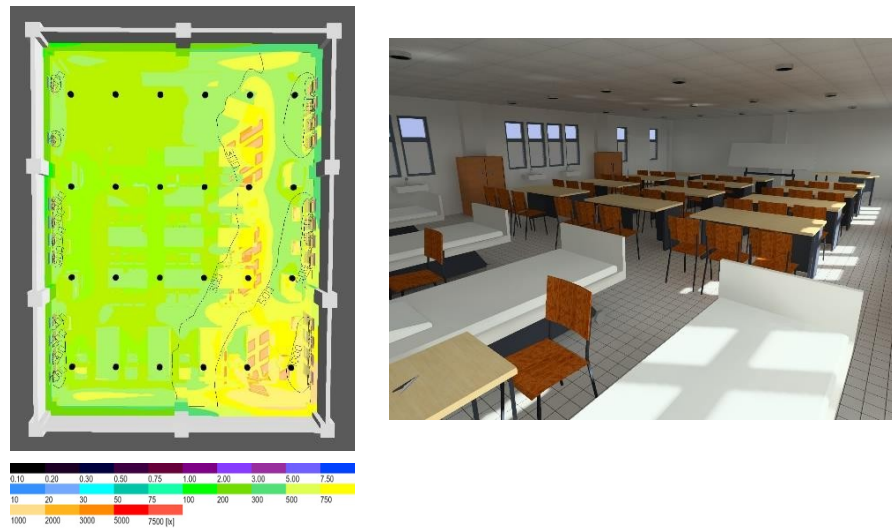
Hasil Penelitian

1. Kinerja Kuantitatif Distribusi Pencahayaan Alami

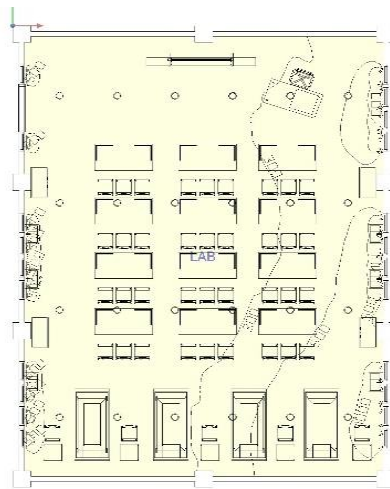
Fasilitas fisik Laboratorium Kesehatan dirancang untuk menampung aktivitas praktikum dengan kapasitas interior berupa 4 buah tempat tidur pasien, 13 meja kerja praktikum, 43 kursi, 4 lemari penyimpanan instrumen, dan 6 wastafel. Desain denah ruangan secara menyeluruh ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah Tata Ruang dan Pemodelan 3D Geometri Laboratorium Kesehatan SMK

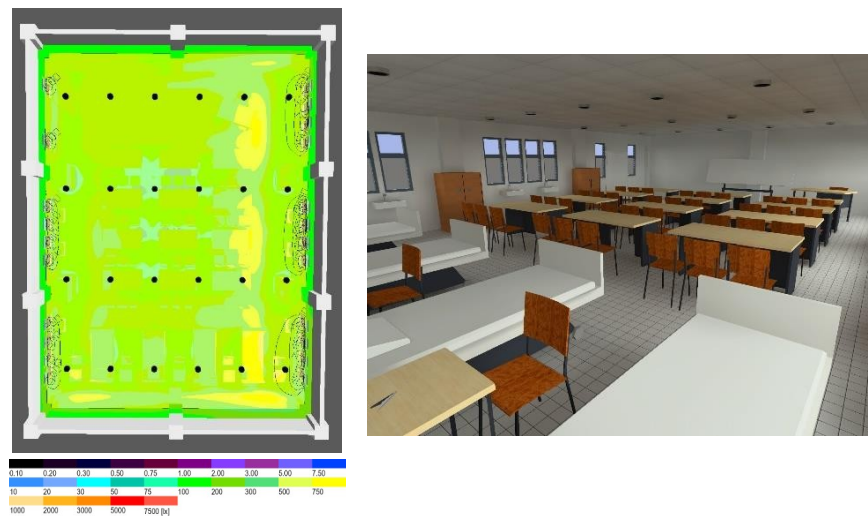


Gambar 2. simulasi pencahayaan dan Perspektif pukul 08:00 WITA



Gambar 3. *workplane* 08:00 WITA

Pada gambar 2 dan 3 memperlihatkan bahwa pada pukul 08.00, distribusi cahaya dan nilai iluminansi dominan berada di sisi kanan ruangan dengan rata-rata sebesar 400 lux.

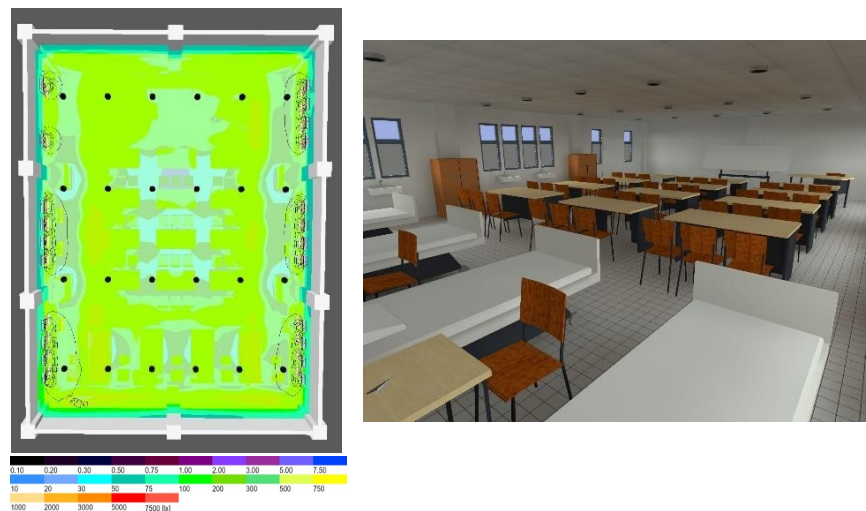


Gambar 4. simulasi pencahayaan dan Perspektif pukul 10:00 WITA



Gambar 5. *workplane* 10:00 WITA

Pada gambar 4 dan 5 memperlihatkan bahwa intensitas cahaya yang masuk dari sisi kanan mulai mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi sebelumnya.

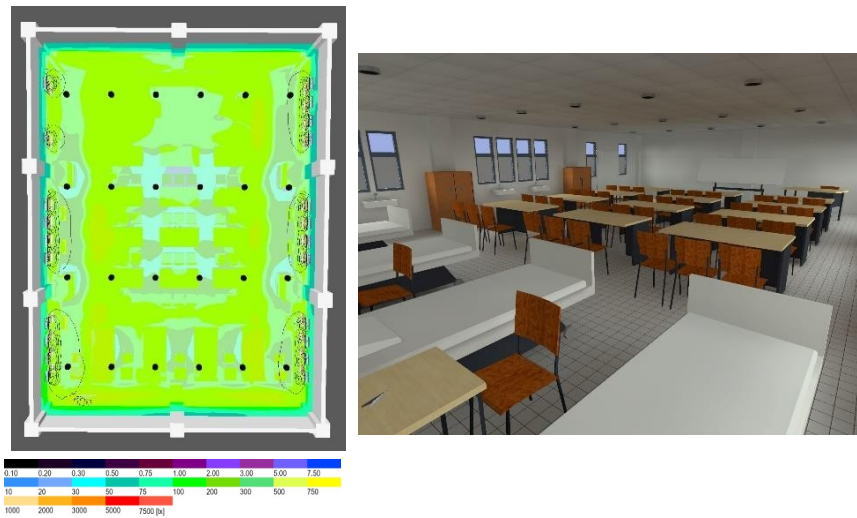


Gambar 6. simulasi pencahayaan dan Perspektif pukul 12:00 WITA

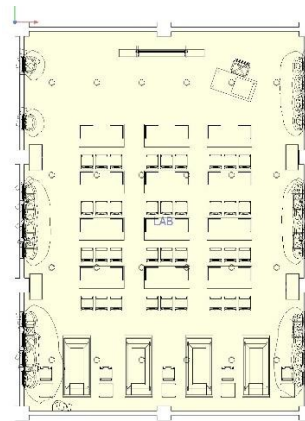


Gambar 7. *workplane* 12:00 WITA

Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil simulasi pada pukul 12.00, yang memperlihatkan distribusi intensitas cahaya yang relatif merata.

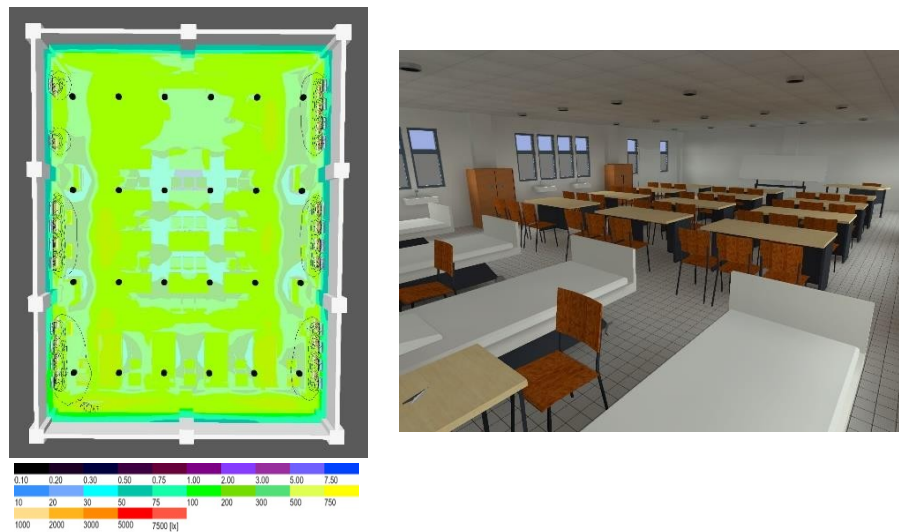


Gambar 8. simulasi pencahayaan dan Perspektif pukul 14:00 WITA



Gambar 9. *workplane* 14:00 WITA

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil simulasi pada pukul 14.00. Pada kondisi tersebut, cahaya matahari yang masuk mulai bergeser ke sisi kiri ruangan, meskipun pergeserannya tidak terlalu signifikan.



Gambar 10. simulasi pencahayaan dan Perspektif pukul 16:00 WITA



Gambar 11. *workplane* 16:00 WITA

Gambar 10 dan 11 menunjukkan hasil simulasi pada pukul 16.00, yang memperlihatkan bahwa intensitas cahaya matahari yang masuk sudah dominan berada di sisi kiri ruangan.

Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak DIALux Evo 12.0 pada beberapa titik waktu, didapatkan data distribusi intensitas cahaya sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter Kinerja Distribusi Pencahayaan Alami pada Bidang Kerja (*Workplane*)

No	Waktu Pengamatan (WITA)	Illuminasi Minimum (Emin)	Illuminasi Maksimum (Emax)	Illuminasi Rata-rata (Eavg)	Rasio Uniformitas (U0)	Status Kesesuaian SNI 03-6575-2001 (Min. 500 lux)
1	08:00	250 lux	550 lux	385 lux	0,65	Belum Memenuhi Standardisasi
2	10:00	320 lux	710 lux	492 lux	0,65	Belum Memenuhi (Kategori

No	Waktu Pengamatan (WITA)	Illuminasi Minimum (E _{min})	Illuminasi Maksimum (E _{max})	Illuminasi Rata-rata (E _{avg})	Rasio Uniformitas (U ₀)	Status Kesesuaian SNI 03-6575-2001 (Min. 500 lux)
						Marginal)
3	12:00	300 lux	610 lux	441 lux	0,68	Belum Memenuhi Standardisasi
4	14:00	350 lux	750 lux	514 lux	0,68	Telah Memenuhi Standardisasi
5	16:00	240 lux	550 lux	363 lux	0,66	Belum Memenuhi Standardisasi

Sumber: Analisis Pribadi

Data kuantitatif pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sebaran pencahayaan alami di dalam ruangan mengalami fluktuasi yang signifikan. Kuantitas pencahayaan alami tertinggi dicapai pada pukul 14:00 WITA dengan nilai E_{avg} sebesar 514 lux dan tingkat kerataan yang baik ($U_0 = 0,68$), menjadikannya satu-satunya waktu di mana cahaya alami mampu memenuhi standar secara mandiri. Sebaliknya, pada waktu kritis awal dan akhir pembelajaran (pukul 08:00 dan 16:00 WITA), kuat penerangan rata-rata merosot tajam masing-masing menjadi 385 lux dan 363 lux.

Meskipun secara teknis rasio uniformitas pencahayaan alami (U_0) di semua lini waktu sudah tergolong stabil dan berada di atas ambang batas kenyamanan mata ($\geq 0,40$), defisit kuantitas lux total pada waktu-waktu kritis tersebut tetap tidak dapat ditoleransi untuk aktivitas laboratorium medis. Fluktuasi ini terjadi karena orientasi bukaan jendela yang sejajar dengan lintasan pergerakan matahari harian (Timur-Barat), sehingga sudut jatuh cahaya bergeser secara dinamis. Pada pukul 08:00 WITA cahaya dominan berkumpul di sisi kanan (Timur Laut), sedangkan pada pukul 14:00 hingga 16:00 WITA konsentrasi cahaya berpindah sepenuhnya ke sisi kiri ruangan (Barat Daya). Fenomena ini mengonfirmasi bahwa mengandalkan pencahayaan alami saja dapat memicu kelelahan visual (*visual fatigue*) bagi siswa akibat kontras ruang yang tidak stabil sepanjang hari.

2. Evaluasi Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

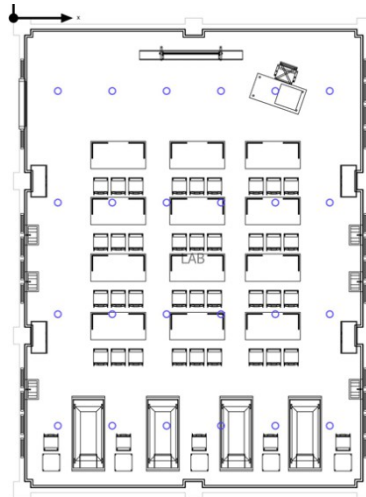
Merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6575-2001), tingkat pencahayaan minimal yang dipersyaratkan untuk fungsi laboratorium pendidikan adalah sebesar 500 lux. Namun, hasil evaluasi melalui simulasi menunjukkan bahwa sistem pencahayaan alami pada ruangan ini belum mampu memenuhi standar tersebut secara konsisten. Pada jam-jam tertentu, khususnya pukul 08:00 dan 16:00, ditemukan area-area kerja dengan tingkat intensitas jauh di bawah ambang batas minimal, yakni hanya berkisar antara 240 hingga 250 lux. Hasil simulasi ini mengonfirmasi adanya fluktuasi pencahayaan alami yang sangat dipengaruhi oleh waktu dan orientasi jendela. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ariestadi *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa desain bukaan dan orientasi ruangan sangat memengaruhi distribusi masuknya cahaya matahari, sehingga pencahayaan alami seringkali tidak mampu mencapai standar minimal secara konstan sepanjang hari.

Optimalisasi Pencahayaan Laboratorium SMK Kesehatan Menggunakan Simulasi DIALux Evo 12.0 (Syafriyani)
<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

Ketidakcukupan iluminasi pada jam-jam kritis ini berpotensi menyebabkan kelelahan visual (*visual fatigue*) bagi pengguna ruang akibat upaya akomodasi mata yang berlebihan.

3. Perancangan dan Kinerja Teknis Pencahayaan Buatan

Dalam mengupayakan optimalisasi sesuai standar yang berlaku, diimplementasikan integrasi sistem pencahayaan buatan (*artificial lighting*). Berdasarkan kalkulasi teknis, diaplikasikan skema pemasangan 24 unit lampu *single downlight* Philips 22 Watt yang ditempatkan secara simetris dalam konfigurasi matriks grid 6 x 4 pada plafon ruangan. Rencana tata letak titik pencahayaan atau armatur lampu pada langit-langit laboratorium diilustrasikan secara spasial pada Gambar 12.



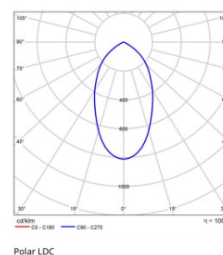
Gambar 12. Rekomendasi Tata Letak (*Lighting layout*) 24 unit armature lampu pada plafon

Pemilihan jenis armatur lampu didasarkan pada kebutuhan efikasi tinggi dan indeks renderasi warna yang akurat untuk mendukung aktivitas medis. Karakteristik spesifikasi teknis beserta kurva fotometri distribusi intensitas cahaya dari lampu Philips CoreLine Downlight DN140B yang digunakan dalam pemodelan ini ditampilkan pada Gambar 13.

Product data sheet

Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

PHILIPS	
P	22.0 W
Φ_{lamp}	2200 lm
$\Phi_{\text{luminaire}}$	2200 lm
η	100.00 %
Luminous efficacy	100.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Gambar 13. Spesifikasi lampu Philips yang digunakan

Hasil evaluasi kuantitatif dan performa teknis dari integrasi 24 unit lampu *downlight* 22 Watt terhadap pemenuhan standar kuat penerangan pada bidang kerja (*workplane*) dirangkum secara rinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Kinerja Pencahayaan Buatan pada Bidang Kerja (*Workplane*)

No	Metrik Evaluasi Kinerja	Simbol	Nilai Hasil Simulasi	Standar Minimal SNI 03-6575-2001	Status Kesesuaian / Keterangan
1	Iluminasi Rata-	E_{avg}	505 lux	Min 500 lux	Memenuhi

Optimalisasi Pencahayaan Laboratorium SMK Kesehatan Menggunakan Simulasi DIALux Evo 12.0 (Syafriyani)
<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

	rata					Standardisasi
2	Iluminasi Minimum	E_{min}	450 lux	-		Distribusi cahaya merata di area kritis
3	Iluminasi Maksimum	E_{max}	550 lux	-		Bebas dari risiko silau (<i>glare</i>) ekstrem
4	Rasio Uniformitas	U_0	0,89	$\geq 0,40 - 0,60$		Melebihi standar minimal

Sumber: Analisis Pribadi

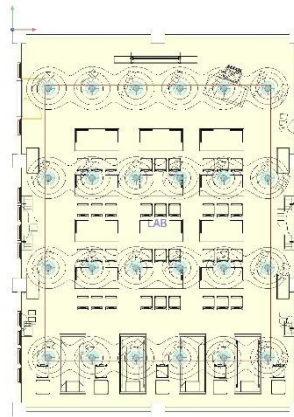
Berdasarkan data kuantitatif pada Tabel 2, terlihat dengan jelas bahwa penerapan skema pencahayaan buatan yang diusulkan berhasil menyelesaikan permasalahan defisit intensitas cahaya alami yang terjadi pada jam-jam kritis. Nilai iluminasi rata-rata (E_{avg}) mencapai 505 lux, yang secara presisi telah melewati ambang batas minimal sebesar 500 lux yang diwajibkan untuk fungsi laboratorium pendidikan.

Kuat cahaya terdistribusi dalam rentang yang sangat aman, dengan nilai iluminasi minimum (E_{min}) sebesar 450 lux pada area terjauh di antara sela-sela titik lampu, dan nilai maksimum (E_{max}) sebesar 550 lux yang terlokalisasi tepat di bawah sumbu vertikal lampu. Area sudut ruangan non-aktif yang sebelumnya mengalami kegelapan ekstrem kini teriluminasi secara memadai pada intensitas minimal 200 lux.

Selain pemenuhan kuantitas lux, indikator uniformitas pencahayaan buatan pada *workplane* juga mencatatkan hasil yang sangat homogen, yaitu sebesar 0,89 ($U_0 = 450 / 505$). Tingkat kerataan sebaran cahaya yang mendekati nilai mutlak ($U_0 \rightarrow 1$) ini menjamin hilangnya titik silau lokal maupun bayangan gelap yang tajam di atas permukaan meja praktikum, sehingga mampu menciptakan lingkungan kerja visual yang aman, ergonomis, dan konstan bagi para siswa selama melakukan eksperimen laboratorium. Visualisasi hasil akhir sebaran intensitas cahaya dalam bentuk rendering warna semu (*false color*) dari integrasi sistem ini ditampilkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Simulasi dan Perspektif dengan menggunakan 24 unit lampu *single downlight* merk Philips



Gambar 15. *Workplane* Pencahayaan Buatan

Secara keseluruhan, konfigurasi pencahayaan buatan ini mampu menghasilkan intensitas antara 450 lux hingga 550 lux pada area kerja strategis. Penentuan jumlah titik lampu yang presisi seperti ini sangat diperlukan untuk mencapai standar pencahayaan tanpa mengabaikan aspek efisiensi energi dalam ruangan (Ikhsan, Imran, & Farid, 2024). Dengan demikian, integrasi sistem pencahayaan buatan telah memenuhi kriteria SNI.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak DIALux Evo 12.0 pada ruang Laboratorium Kesehatan SMK, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan pencahayaan alami tidak mampu menyediakan lingkungan visual yang konstan dan memenuhi standar. Intensitas cahaya alami mengalami fluktuasi ekstrem di sepanjang waktu operasional pembelajaran (08:00–16:00 WITA), di mana kuat penerangan rata-rata pada waktu kritis (pukul 08:00 dan 16:00 WITA) merosot masing-masing menjadi 385 lux dan 363 lux, berada di bawah ambang batas minimal standardisasi SNI 03-6575-2001 (min. 500 lux).

Rekomendasi desain berupa integrasi sistem pencahayaan buatan dengan mengaplikasikan 24 unit armatur lampu *downlight* berdaya 22 Watt dalam konfigurasi matriks grid 6 x 4 terbukti secara efektif mengatasi defisit tersebut. Skema integrasi ini berhasil meningkatkan kuat penerangan rata-rata (E_{avg}) secara konstan hingga mencapai 505 lux dengan tingkat penyebaran cahaya yang secara merata, ditandai oleh rasio uniformitas (U_0) yang tinggi sebesar 0,89. Hasil parameter teknis tersebut secara presisi telah memenuhi seluruh regulasi kelayakan kualitas pencahayaan ruang.

Implikasi praktis dari penelitian ini memberikan rekomendasi tata letak (*lighting layout*) bagi pihak institusi dalam melakukan aspek renovasi atau pembangunan laboratorium medis yang ergonomis. Distribusi cahaya yang merata dan konstan ini sangat krusial untuk mengeliminasi risiko kelelahan visual (*visual fatigue*), mencegah terjadinya kesalahan penafsiran objek mikroskopis atau instrumen klinis saat praktikum, serta menjamin kenyamanan visual siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada ketergantungannya terhadap simulasi digital murni yang berbasis pada model langit ideal (*sky model*) di dalam perangkat lunak, sehingga performa riilnya masih dipengaruhi oleh asumsi *software*. Penelitian ini belum mencakup validasi melalui pengukuran langsung di lapangan (*in-situ measurement*) serta belum mempertimbangkan faktor degradasi performa lampu (*light loss factor*) akibat usia pakai armatur maupun fluktuasi cuaca riil yang ekstrem secara dinamis.

Oleh karena itu, arah penelitian lanjutan yang direkomendasikan adalah melakukan validasi lapangan untuk membandingkan tingkat akurasi antara hasil simulasi komputasi dengan kondisi eksisting setelah lampu terpasang. Selain itu, pengembangan sistem kontrol pencahayaan pintar (*smart lighting system*) yang berbasis pada sensor okupansi (*occupancy sensor*) dan strategi pemanenan cahaya alami (*daylight harvesting*) perlu diteliti lebih

lanjut untuk mengoptimalkan efisiensi konsumsi energi listrik dan menekan biaya operasional berkala pada bangunan fasilitas pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariestadi, D., dkk. (2023). Optimalisasi Desain Pencahayaan Alami Ruang Kelas dengan Analisis DIALUX EVO. *Review of Urbanism and Architectural Studies (RUAS)*, 21(2), 51-60.
- Fleta, A. (2021). Analisis Pencahayaan Alami Dan Buatan Pada Ruang Kantor Terhadap Kenyamanan Visual Pengguna. *Jurnal Patra*, 3(1), 33-42.
- Ikhsan, M., Imran, M., & Farid. (2024). Analisa titik lampu ruang tamu dan ruang keluarga rumah type 90 m2. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 12(2), 240-252.
- Philips Lighting-LED & Conventional Solution, 2021. lighting.philips.co.id.
- Prasetia, V., Supriyono, & Purwiyanto. (2022). Evaluasi Sistem Pencahayaan Gedung Pendidikan Perkuliahan Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). *Infotekmesin*, 13(2), 308–313.
- Pratiwi, N., & Djafar, A. G. (2021). Analysis of lighting performance in the hall of the Faculty of Engineering, State University of Gorontalo by using the DIALux Evo 9.0 simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1), 012032.
- Pratiwi, N., Imran, M., & Apriyanto. (2024). Analisis kenyamanan thermal dan kenyamanan visual pada rumah nelayan di pesisir pantai kelurahan leato selatan. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 12(1), 189-201.
- Romadhoni, N., & Subiyantoro, H. (2024). Kinerja intensitas pencahayaan bangunan: Studi kasus Malang Creative Center. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 12(2), 305-318.
- SNI 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung.
- Saraswati, R. S., Wibawa, B. A., & Saputra, B. E. (2021). Optimization of Natural and Artificial Lighting System in Workspace using Dialux Evo. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1), 012033.
- Yusvita, G. (2021). Analisis pencahayaan ruangan pada ruang kelas di Universitas Singaperbangsa Karawang menggunakan DIALux Evo 9.1. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3), 2100-2109.