

IV. HASIL/ PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Kinerja Kondisi Eksisting (Validasi Masalah)

Tahapan awal penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi secara kuantitatif permasalahan kinerja pencahayaan alami pada Gedung Kuliah Terpadu UIN Sunan Kalijaga, yang menjadi dasar dilakukannya redesain pasif.

4.1.1 Deskripsi Geometri dan Karakteristik Pencahayaan Eksisting



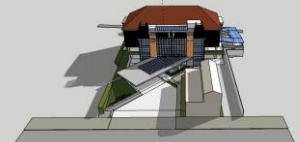


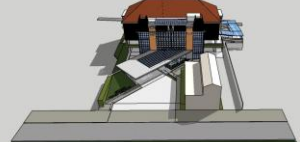
Berdasarkan data perencanaan, massa bangunan memanjang pada orientasi Timur-Barat. Namun, desain eksisting menciptakan kontras kinerja yang ekstrem:

1. Zona Tepi/Fasad: Area yang berdekatan dengan bukaan vertikal menunjukkan potensi *overheating* dan *glare* akibat masuknya cahaya langsung yang berlebihan.
2. Zona Tengah/Interior ("Ruang Dalam Ruang"): Ruang-ruang yang berada di inti bangunan, jauh dari fasad, mengalami masalah penetrasi cahaya yang sangat rendah dan distribusi yang tidak memadai.

Kondisi ini menegaskan perlunya intervensi untuk mencapai efisiensi energi (mengurangi penggunaan lampu buatan) dan kenyamanan visual (mengurangi silau dan meningkatkan Lux di area terdalam).

4.1.2 Analisis Pola Bayangan (*Shadow Analysis*) Eksisting

Analisis bayangan dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas selubung bangunan eksisting, khususnya elemen atap dan peneduh (*shading device*), dalam merespons lintasan matahari sepanjang hari. Simulasi dilakukan pada rentang waktu operasional kampus, yaitu pukul 08.00 hingga 16.00 WIB.

Jam	Ekuator	Tropis Selatan	Tropis Utara
8.00			
9.00			

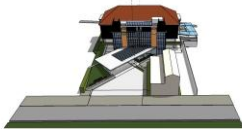

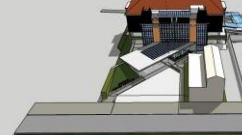








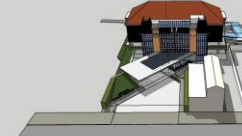


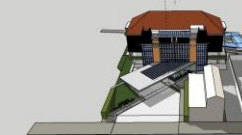






10.00			
11.00			
12.00			
13.00			
14.00			
15.00			
16.00			

Table 3 Analisis Pola Bayangan Eksisting

Sumber: Dokumen Penulis

Berdasarkan hasil simulasi visualisasi bayangan, teridentifikasi pola paparan sebagai berikut:

1. Pola Bayangan Pagi Hari (08.00 – 10.00 WIB):
 - a. Pada rentang waktu ini, sudut jatuh matahari (*solar altitude*) masih rendah dari arah Timur.
 - b. Hasil simulasi menunjukkan bahwa elemen peneduh atap eksisting (tritisan) belum mampu sepenuhnya menghalau penetrasi cahaya matahari langsung pada fasad sisi

Timur. Hal ini mengakibatkan area perimeter Timur menerima paparan radiasi langsung yang signifikan, yang berkontribusi pada tingginya intensitas cahaya (*over-lit*) pada ruang-ruang yang berorientasi ke arah ini di pagi hari.

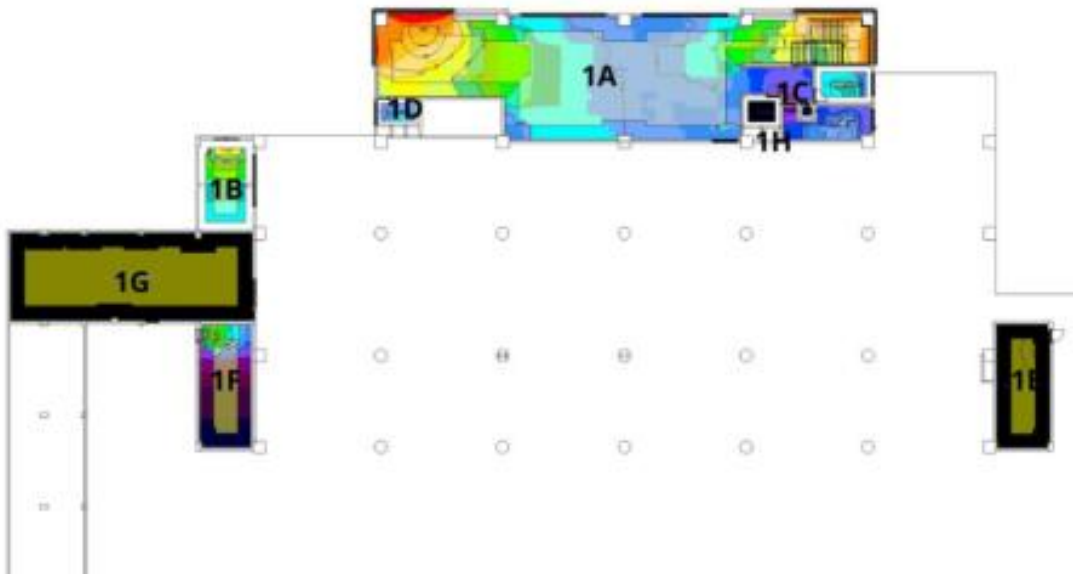
2. Pola Bayangan Siang Hari (11.00 – 13.00 WIB):
 - a. Saat matahari berada pada posisi puncak (*zenith*) atau mendekati tegak lurus, bayangan yang terbentuk cenderung vertikal dan pendek.
 - b. Pada kondisi ini, atap bangunan efektif menaungi dinding fasad dari sinar matahari langsung. Namun, karena tidak adanya bukaan atap (*skylight*) atau *void* yang menerus pada desain eksisting, bagian tengah bangunan ("ruang dalam ruang") tertutup bayangan atap sepenuhnya, menciptakan zona gelap (*shadow zone*) yang luas di inti bangunan. Hal ini mengonfirmasi penyebab rendahnya nilai Lux di area tengah .
3. Pola Bayangan Sore Hari (14.00 – 16.00 WIB):
 - a. Pergerakan matahari ke arah Barat dengan sudut yang kembali merendah menyebabkan penetrasi cahaya langsung pada fasad sisi Barat.
 - b. Simulasi menunjukkan bayangan panjang yang jatuh ke arah dalam bangunan. Tanpa adanya filter cahaya (*secondary skin* atau *glazing* performa tinggi), paparan sore ini membawa beban panas termal (*thermal heat gain*) yang tinggi bersamaan dengan risiko silau visual yang ekstrem pada ruang-ruang di sisi Barat.

Kesimpulan Analisis Bayangan nya Adalah konfigurasi selubung eksisting terbukti hanya efektif memberikan peneduhan pada tengah hari, namun gagal mengantisipasi sudut matahari rendah pada pagi dan sore hari. Kegagalan ini berdampak ganda: menyebabkan silau di area perimeter (Timur/Barat) dan membiarkan area tengah bangunan terisolasi dalam bayangan gelap sepanjang hari operasional. Temuan ini menjadi dasar urgensi penerapan strategi *shading* vertikal pada fasad dan pembukaan jalur cahaya (*void/skylight*) di atap pada usulan redesain.

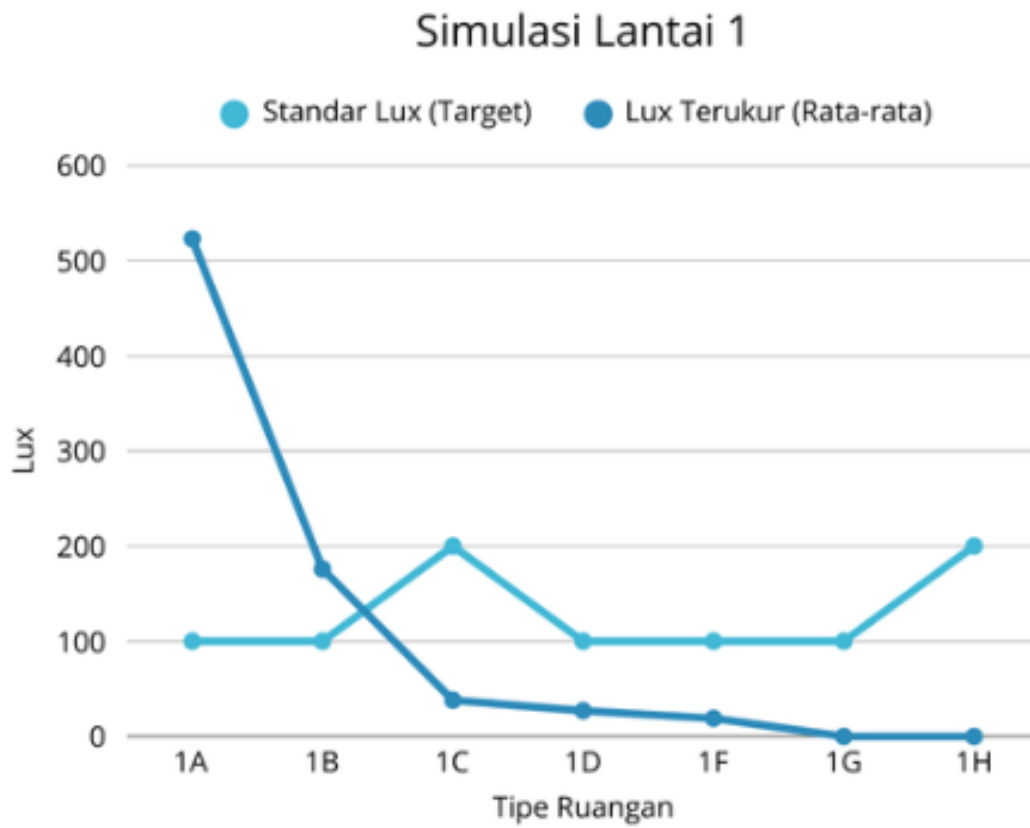
4.1.3 Hasil Kuantitatif Kinerja Pencahayaan Eksisting

Hasil simulasi DIALux evo pada kondisi eksisting (pada jam 12:00 WIB dengan kondisi langit *Clear Sky*) menunjukkan kegagalan kinerja pencahayaan alami di sebagian besar ruang fungsional, terutama jika dibandingkan dengan target Lux minimum (diasumsikan 300–350 Lux untuk ruang kerja/kelas).

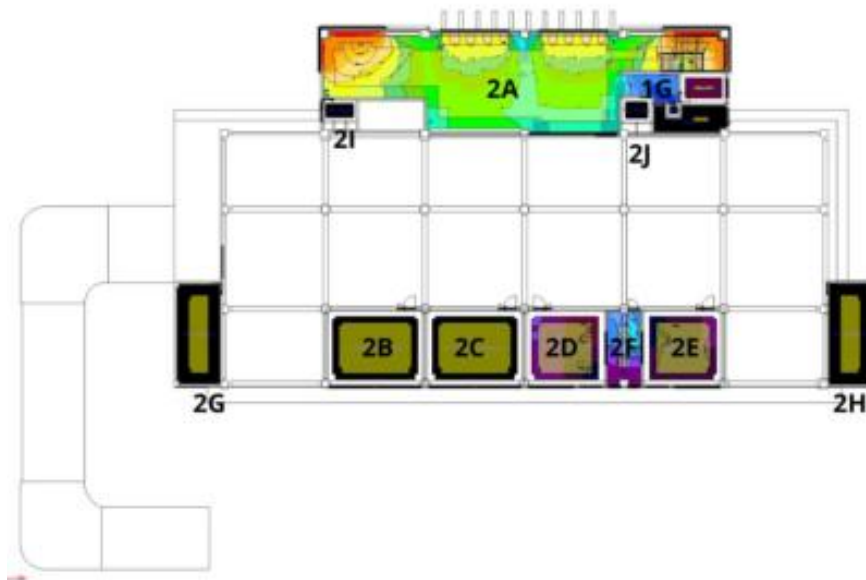
Hasil Simulasi Dialux Lantai 1



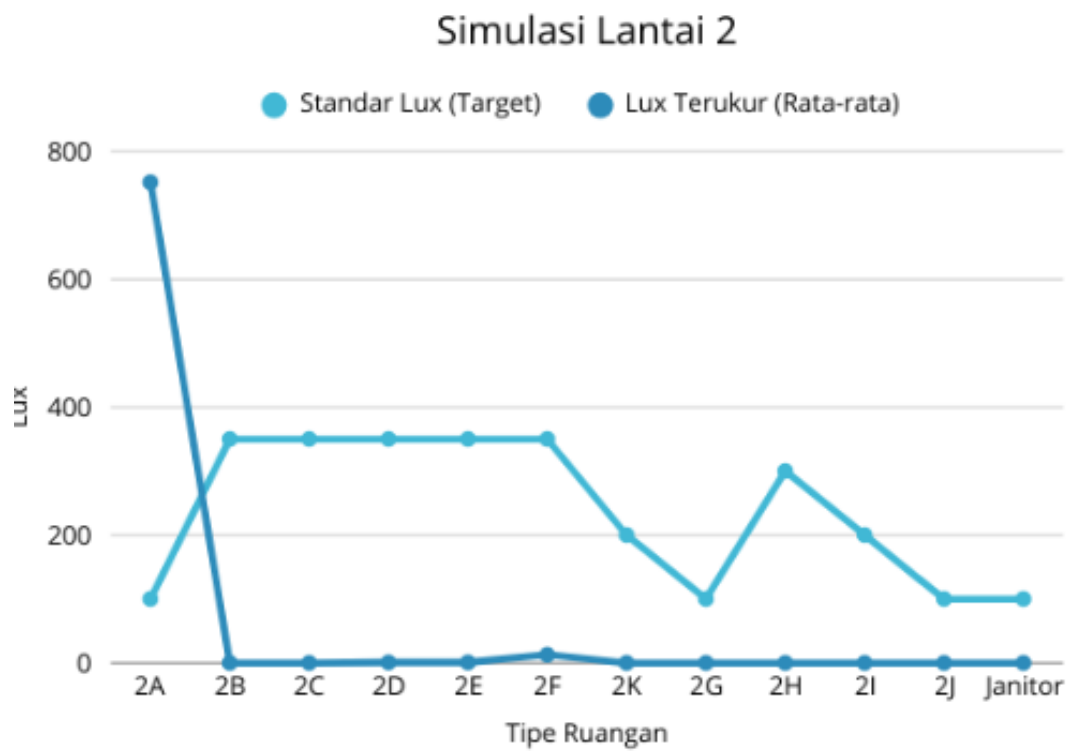
Hasil Grafik Simulasi Lantai 1



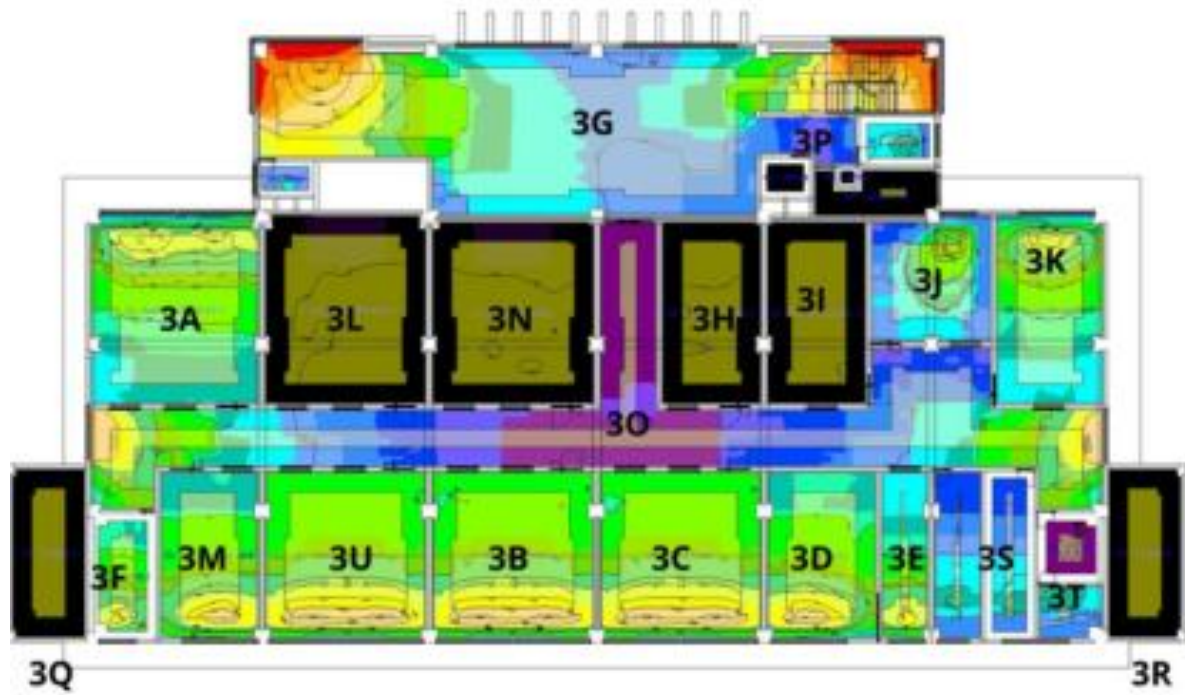
Hasil Simulasi Dialux Lantai 2



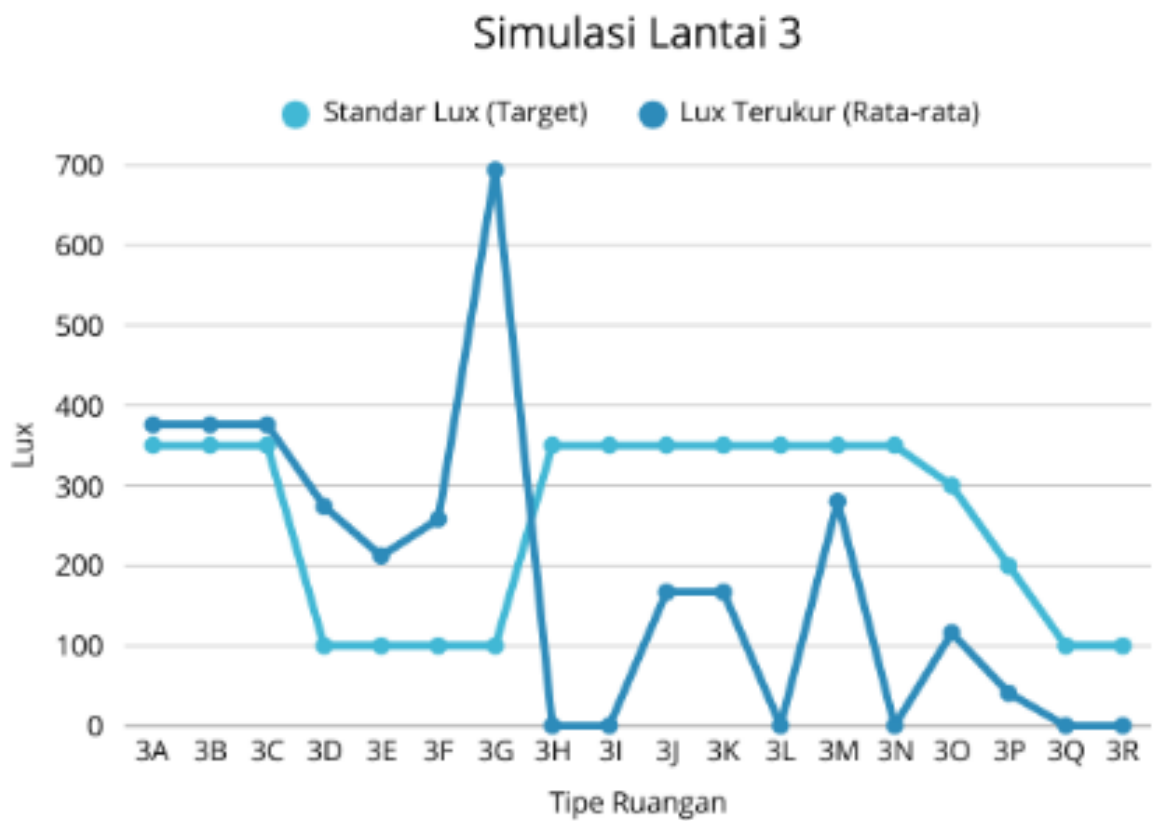
Hasil Grafik Simulasi Lantai 2



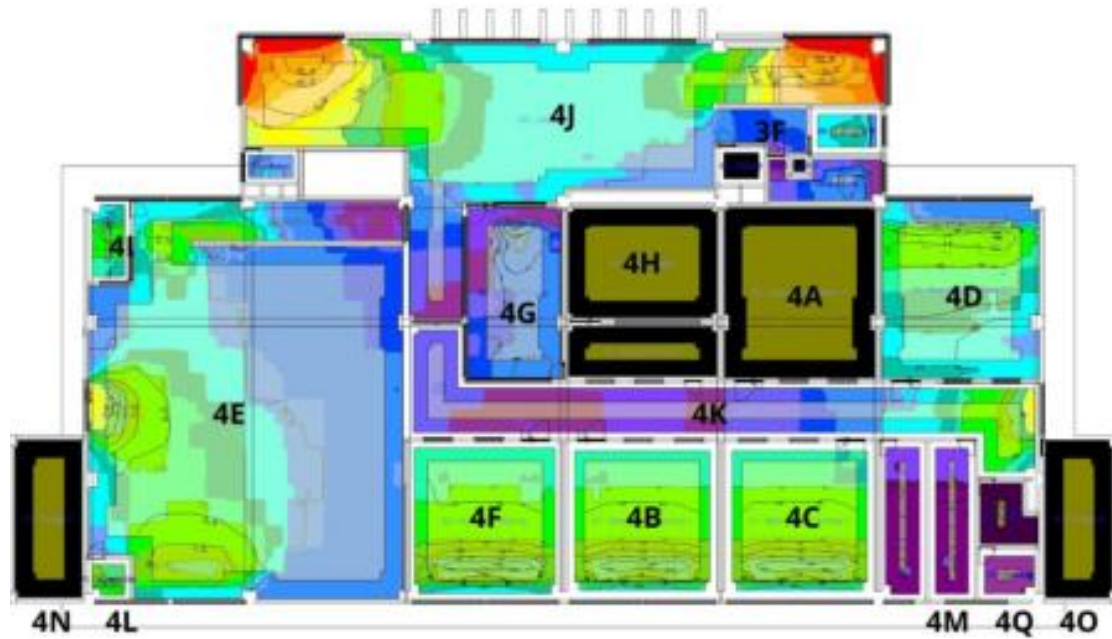
Hasil Simulasi Dialux Lantai 3



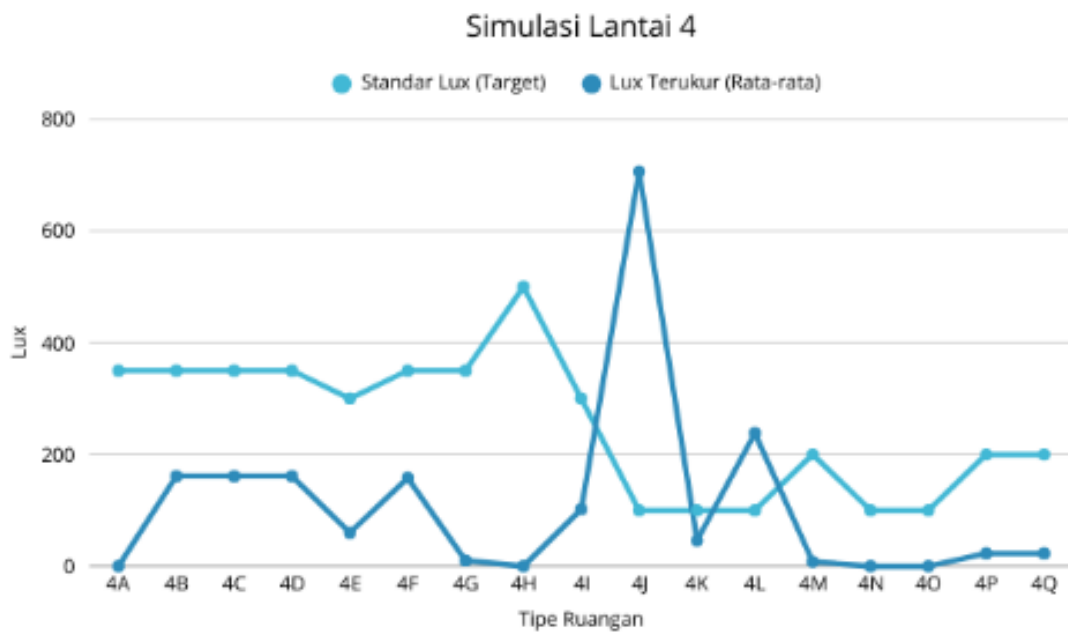
Hasil Grafik Simulasi Lantai 3



Hasil Simulasi Dialux Lantai 4



Hasil Grafik Simulasi Lantai 4



Gambar 4 Hasil Kuantitatif Kinerja Pencahayaan Eksistingi

Sumber: Dokumen Penulis

4.1.3.1 Analisis Lux Rata-rata vs. Target SNI

Grafik pada Simulasi Lantai 1 menunjukkan diskrepansi yang jelas antara target standar dan Lux terukur:

Simulasi pencahayaan alami dilakukan menggunakan perangkat lunak DIALux evo pada kondisi langit cerah (*Clear Sky*) pukul 12:00 WIB. Analisis ini bertujuan untuk memetakan tingkat intensitas pencahayaan (*Illuminance*) rata-rata pada setiap ruang dan membandingkannya dengan target standar SNI 6197:2020 (minimal 200-300 Lux untuk ruang kelas/kerja). Berikut adalah deskripsi hasil simulasi per lantai:

A. Analisis Kinerja Lantai 1

Berdasarkan grafik dan peta Isolux Lantai 1, ditemukan kesenjangan kinerja yang ekstrem antara ruang di area fasad dengan ruang di area dalam bangunan.

1. Zona *Over-lit* (Potensi Silau): Ruang 1A (Lobby/Main Hall) menunjukkan intensitas cahaya yang sangat tinggi, mencapai rata-rata ~520 Lux, jauh di atas target standar (~100 Lux untuk area sirkulasi/lobby). Peta Isolux memperlihatkan warna merah/kuning pekat di area ini, mengindikasikan paparan cahaya matahari langsung yang berpotensi menyebabkan silau (*glare*) dan panas berlebih.
2. Zona *Under-lit* (Gelap): Sebagian besar ruang fungsional lainnya gagal memenuhi standar minimum.
 - a. Ruang 1C, 1D, 1F, 1G, dan 1H memiliki intensitas rata-rata di bawah 50 Lux, padahal target standar untuk fungsi ruang tersebut (seperti ruang kelas/kantor) adalah 100-200 Lux.
 - b. Grafik menunjukkan garis biru tua (Lux Terukur) anjlok drastis pada ruang-ruang ini dibandingkan garis biru muda (Target Standar).
 - c. Peta Isolux pada area ini didominasi warna biru tua/ungu, menandakan bahwa cahaya alami hampir tidak dapat menembus ke dalam ruang-ruang ini ("ruang dalam ruang").

B. Analisis Kinerja Lantai 2

Pola yang sama terlihat pada Lantai 2, dengan mayoritas ruang berada di bawah ambang batas kenyamanan visual.

1. Ruang yang Memenuhi/Mendekati Standar: Hanya Ruang 2A dan 2H yang tercatat memiliki intensitas cahaya yang cukup tinggi atau mendekati standar, karena posisi mereka yang berbatasan langsung dengan bukaan luar.
2. Ruang Kritis: Ruang 2C, 2D, 2E, 2F, 2G, dan 2I mengalami defisit cahaya yang parah. Rata-rata intensitas cahaya pada ruang-ruang ini berada di kisaran < 50 Lux, sedangkan target standar berada di angka 100-200 Lux. Hal ini menunjukkan bahwa strategi bukaan eksisting pada lantai 2 tidak efektif mendistribusikan cahaya ke bagian tengah bangunan.

C. Analisis Kinerja Lantai 3

Lantai 3 menunjukkan variasi yang lebih kompleks karena banyaknya pembagian ruang, namun masalah ketidakmerataan tetap dominan.

1. Disparitas Ekstrem: Ruang 3G dan 3K menunjukkan intensitas yang sangat tinggi (warna merah/kuning pada peta Isolux), mencapai > 600 Lux, jauh melampaui target. Ini mengindikasikan area yang terpapar radiasi matahari langsung secara berlebihan.
2. Kegagalan pada Ruang Kelas Utama: Ruang-ruang kelas atau fungsi utama seperti 3L, 3N, 3H, 3I, dan 3O berada pada kondisi sangat gelap (*deep blue zone*). Grafik menunjukkan intensitas rata-rata ruang-ruang ini hampir menyentuh angka 0 - 20 Lux, padahal target standar yang ditetapkan adalah tinggi (200-350 Lux). Ini adalah area prioritas yang memerlukan intervensi *skylight* atau *void*.

D. Analisis Kinerja Lantai 4

Sebagai lantai paling atas, Lantai 4 seharusnya memiliki potensi *top-lighting*, namun kondisi eksisting menunjukkan hasil yang belum optimal.

1. Area Terang: Ruang 4J, 4A, dan 4E memiliki intensitas yang cukup tinggi, bahkan Ruang 4A dan 4J terindikasi mengalami silau (*over-lit*) dengan nilai Lux di atas standar.
2. Area Gelap: Ruang 4G, 4H, 4F, 4B, dan 4C masih memiliki intensitas di bawah standar SNI (garis biru tua berada di bawah garis biru muda pada grafik). Meskipun berada di lantai teratas, distribusi cahaya tidak merata ke seluruh ruangan, melainkan hanya menumpuk di sisi-sisi tertentu saja.

Kesimpulan Validasi Masalah

Secara keseluruhan, hasil simulasi eksisting mengonfirmasi hipotesis awal bahwa Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga mengalami masalah "Ruang Dalam Ruang". Cahaya alami hanya melimpah (bahkan berlebih) di area kulit luar bangunan (perimeter), sementara ruang-ruang fungsional di bagian dalam mengalami kegelapan (*under-lit*). Hal ini memvalidasi urgensi penerapan strategi redesain pasif berupa penambahan *void* tengah dan *skylight* untuk memasukkan cahaya ke inti bangunan.

4.1.3.2 Analisis Distribusi Cahaya (Peta Isolux)

Peta Isolux pada Lantai 1, 3, dan 4 menunjukkan pola distribusi cahaya yang sangat tidak seragam:

1. Kontras Tinggi: Terlihat garis-garis warna kontras (merah/kuning) yang terkonsentrasi hanya di tepi fasad, sementara area luas di tengah lantai didominasi warna biru tua atau ungu.
2. Penyaluran Cahaya Terblokir: Pada Lantai 3 dan 4, area di antara ruang-ruang kuliah (misalnya Ruang 3L, 3N, 4H, 4A) terperangkap dalam zona Lux sangat rendah, menunjukkan bahwa tidak adanya bukaan vertikal sentral menghambat penyaluran cahaya alami ke seluruh kedalaman lantai.

Kesimpulan Validasi Masalah: Hasil simulasi eksisting memvalidasi bahwa Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga mengalami kegagalan kinerja pencahayaan alami yang parah, baik dari aspek kuantitas (tidak mencapai SNI di interior) maupun kualitas (distribusi tidak merata dan potensi *glare* tinggi), sehingga redesain pasif adalah solusi yang mutlak dibutuhkan.

4.2 Usulan Desain

Berdasarkan evaluasi kondisi eksisting yang menunjukkan rendahnya tingkat pencahayaan di area inti bangunan, strategi redesain difokuskan pada pembedahan massa bangunan untuk memasukkan cahaya (intervensi struktural) dan penataan ulang fungsi ruang (intervensi spasial).

4.2.1 Transformasi Tata Ruang dan Denah (*Layout*)

Perubahan fundamental pada tata ruang Gedung Terpadu UIN Sunan Kalijaga dilakukan dengan mengubah konfigurasi massa yang sebelumnya "padat" dan tertutup menjadi konfigurasi yang "terbuka" dan responsif terhadap cahaya. Perbandingan spesifik antara kondisi eksisting dan usulan redesain diuraikan sebagai berikut

Lantai	Denah Eksisting	Denah Redesain
1		
2		
3		
4		

Table 5 Transformasi Tata Ruang dan Denah

Sumber: Dokumen Penulis

4.2.1.1 Lantai 1: Penguatan Struktur untuk Ekspansi Massa

Perubahan pada Lantai 1 berfokus pada aspek struktural untuk mendukung perubahan drastis di lantai-lantai atasnya.

1. Kondisi Eksisting: Lantai 1 didominasi oleh area parkir dan fungsi servis dengan grid kolom standar yang menopang massa bangunan di atasnya sesuai batas dinding luar yang lama.
2. Usulan Redesain: Fungsi dasar sebagai area penerima dan parkir dipertahankan, namun dilakukan penambahan modul kolom struktur baru di sisi depan (fasad).
 - a) *Tujuan Teknis*: Kolom tambahan ini berfungsi sebagai penyangga utama untuk penambahan ruang (ekspansi massa) di Lantai 2 hingga 4 yang menjorok ke arah luar (*extended building mass*). Hal ini memungkinkan ruang-ruang di lantai atas digeser lebih dekat ke arah cahaya alami tanpa membebani struktur lama secara berlebihan.



Gambar 17 Usulan Redesain

Sumber: Dokumen Penulis

4.2.1.2 Lantai 2 dan 3: Transformasi dari "Koridor Gelap" ke "Atrium Terang"

Ini adalah bagian paling krusial dari intervensi spasial untuk mengatasi masalah "ruang dalam ruang".

1. Kondisi Eksisting:
 - a) Konfigurasi denah menggunakan koridor ganda (*double-loaded corridor*) atau ruang yang menumpuk di tengah.

- b) Banyak ruang kelas atau ruang penunjang (seperti Ruang Microteaching atau Ruang Monitoring) terjebak di area tengah bangunan, terhalang dari akses cahaya langsung oleh ruang-ruang di sekelilingnya. Akibatnya, area ini menjadi zona gelap permanen.

2. Usulan Redesain:

- a) Penciptaan Void Vertikal: Area tengah bangunan yang sebelumnya padat oleh fungsi ruang kini dikosongkan sepenuhnya menjadi Void (Atrium) yang menerus dari atap hingga ke lantai bawah.
- b) Relokasi ke Perimeter: Fungsi-fungsi ruang yang sebelumnya berada di tengah dipindahkan dan didistribusikan ke sisi terluar bangunan (Perimeter Utara dan Selatan), memanfaatkan perluasan plat lantai yang ditopang oleh kolom baru di Lantai 1 tadi.
- c) Sirkulasi Terang: Koridor diubah menjadi sirkulasi tunggal (*single-loaded*) yang mengelilingi void. Dengan demikian, koridor mendapatkan cahaya dari dua arah: dari sisi luar bangunan (jendela/curtain wall) dan dari sisi dalam (cahaya bias dari void/skylight).



Gambar 18 Usulan Redesain

Sumber: Dokumen Penulis

4.2.1.3 Lantai 4: Integrasi Top-Lighting (Skylight)

Lantai 4 berfungsi sebagai penangkap cahaya utama untuk didistribusikan ke seluruh bangunan.

1. Kondisi Eksisting: Atap bangunan bersifat masif dan tertutup, sehingga potensi cahaya matahari dari atas tidak dimanfaatkan, membuat lantai di bawahnya bergantung sepenuhnya pada jendela samping.
2. Usulan Redesain:
 - a) Pemasangan Skylight Sentral: Tepat di atas posisi Void baru, atap masif diganti dengan sistem Skylight memanjang.
 - b) Distribusi Cahaya: Skylight ini berfungsi menangkap cahaya matahari pada posisi paling optimal (zenith/siang hari) dan menyalurkannya secara vertikal melalui void ke Lantai 3 dan 2. Ini memastikan bahwa area tengah bangunan yang dulunya gelap kini mendapatkan suplai cahaya alami yang melimpah dan merata.



Gambar 19 Usulan Redesain

Sumber: Dokumen Penulis

Elemen Spasial	Kondisi Eksisting	Usulan Redesain	Dampak Kinerja
Zona Tengah Bangunan	Padat berisi ruang fungsional (<i>Dark Zone</i>)	VOID / Kosong	Jalur distribusi cahaya vertikal (<i>Light Well</i>).
Posisi Ruang Kelas/Kerja	Tersebar, sebagian terjebak di tengah	Digeser ke Perimeter Luar (didukung kolom baru)	Akses langsung ke cahaya samping (<i>Side-lighting</i>).
Sirkulasi Koridor	<i>Double-loaded</i> (gelap)	Single-loaded mengelilingi void	Koridor terang, mengurangi kesan sempit.
Struktur Lantai 1	Grid Kolom Standar	Penambahan Kolom Eksterior	Menopang perluasan ruang ke arah cahaya.

Table 6 Usulan Redesain

Sumber: Dokumen Penulis

4.2.2 Spesifikasi Material dan Justifikasi Teknis

Pemilihan material pada redesain Gedung Kuliah Terpadu UIN Sunan Kalijaga didasarkan pada analisis performa termal, durabilitas, dan integrasi struktural. Spesifikasi material berikut dipilih untuk mendukung strategi *daylighting* pasif sekaligus memitigasi perolehan panas (*heat gain*) berlebih.

4.2.1.4 Material Transparan (Glazing) dan Selubung Bangunan

Pemilihan material selubung diprioritaskan pada kemampuan memfilter radiasi matahari tanpa mengorbankan transmisi cahaya visual.

1. Fasad *Curtain Wall*:

- a. Spesifikasi: Kaca Panasap (*Tinted Glass*) tipe *Dark Blue* Tempered dengan ketebalan 8 mm.
- b. Justifikasi Teknis: Kaca tipe *Dark Blue* dipilih karena memiliki nilai *Shading Coefficient* (SC) yang lebih rendah dibandingkan kaca bening (*clear glass*). Karakteristik ini memungkinkan material untuk menyerap sebagian besar spektrum inframerah (panas) sebelum masuk ke dalam ruangan, sehingga mereduksi beban

pendinginan (*cooling load*). Sifat *tempered* diterapkan untuk meningkatkan kekuatan tarik lentur kaca terhadap beban angin dan dampak, mengingat penggunaannya pada bidang fasad yang luas.



(a)



(b)

Gambar 20 Usulan Redesain Curtain Wall

(a) Tampak Depan, (b) Tampak bird view

Sumber: Dokumen Penulis

2. Penutup Atap *Skylight*:

- a. Spesifikasi: Kaca *Laminated* dengan fitur *Low-Emissivity (Low-E)* atau opsi Polikarbonat *Solid Sheet* dengan lapisan pelindung UV.

- b. Justifikasi Teknis: Area *skylight* pada Lantai 4 merupakan titik paling rawan terhadap paparan radiasi vertikal. Material *Low-E* memiliki emisivitas rendah yang mampu memantulkan kembali gelombang panas radiasi, namun tetap mempertahankan Transmisi Cahaya Tampak (*Visible Light Transmittance / VLT*) yang tinggi untuk menerangi void atrium.



Gambar 21 Usulan Redesain Tampak atas

Sumber: Dokumen Penulis

B. Material Struktural dan Koneksi Beton (*Bonding Agent*)

Mengingat adanya penambahan struktur kolom baru yang menempel pada struktur eksisting, integritas sambungan menjadi prioritas utama.

1. Beton Bertulang dan Baja:
 - a. Penggunaan beton mutu tinggi dan profil baja WF (*Wide Flange*) untuk rangka utama perluasan massa guna menjamin kekakuan (*stiffness*) struktur.
2. Agen Perekat Beton (*Bonding Agent*):
 - a. Spesifikasi: Bahan perekat berbahan dasar epoksi (*Epoxy Resin based Bonding Agent*) atau *Polyvinyl Acetate (PVA) high-strength*.

- b. Justifikasi Teknis: Pada pertemuan antara beton kolom baru (beton segar) dengan pelat lantai atau balok eksisting (beton keras), terdapat risiko terjadinya *cold joint* atau sambungan dingin yang lemah. Aplikasi *bonding agent* pada permukaan beton lama yang telah dikasar (*chipping*) mutlak diperlukan sebelum pengecoran dilakukan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan adhesi (daya lekat) dan menjamin perilaku struktur yang monolit, sehingga transfer beban dari struktur baru ke struktur lama dapat berlangsung sempurna tanpa retakan geser.

4.2.3 Detail Konstruksi dan Metode Instalasi *Skylight*

Implementasi *skylight* sentral pada atap Lantai 4 memerlukan detail teknis khusus untuk memitigasi risiko kebocoran air (*water leakage*) yang merupakan masalah umum pada sistem atap datar dan bukaan atap.

A. Detail Pencegahan Kebocoran (*Waterproofing Strategy*)

Untuk memastikan kededapan air pada area *skylight*, diterapkan sistem proteksi ganda:

1. Balok Peninggi (*Upstand Beam/Concrete Curb*):
 - a. Pada sekeliling lubang *void* di atap beton, ditambahkan konstruksi balok peninggi (*upstand beam*) beton bertulang dengan ketinggian minimal 20-30 cm dari level lantai atap.
 - b. Fungsi: Elemen ini berfungsi sebagai tanggul fisik untuk mencegah limpasan air hujan dari permukaan atap agar tidak menerobos masuk ke dalam area *skylight*, terutama saat curah hujan tinggi di mana kapasitas drainase atap mungkin terlampaui.
2. Sistem *Sealant* Struktural:
 - a. Celah antara kaca dan rangka aluminium, serta pertemuan antar-kaca, diaplikasikan *sealant* silikon tipe *neutral cure* yang memiliki ketahanan tinggi terhadap cuaca (*weatherproof*) dan sinar UV.
 - b. *Sealant* ini bersifat elastis sehingga mampu mengakomodasi pemuaian dan penyusutan material kaca akibat perubahan suhu ekstrem, mencegah terjadinya celah mikro yang dapat menjadi jalur masuk air.

B. Metode Pelaksanaan Pemasangan Atap *Skylight*

Urutan kerja (*sequence of work*) pemasangan atap *skylight* dirancang untuk menjamin presisi dan keamanan:

1. Fabrikasi dan Pemasangan Rangka Tumpuan:

- a. Rangka baja utama (WF) dipasang menumpu pada kolom atau balok struktur utama bangunan.
- b. Di atas rangka baja, dipasang rangka dudukan aluminium (*sub-frame*) yang telah dilengkapi dengan *bracket* khusus. Pemasangan harus memperhatikan kemiringan minimal (misalnya 3-5 derajat) untuk memastikan air hujan dapat mengalir ke arah talang dan tidak menggenang di tengah kaca.

2. Pemasangan *Upstand* dan *Flashing*:

- a. Pengecoran *upstand beam* dilakukan pada perimeter. Setelah kering, area sambungan antara *upstand* dan atap beton dilapisi dengan *waterproofing* membran bakar atau *coating* akrilik untuk menutup pori-pori.
- b. Pemasangan pelat *flashing* (seng/aluminium) pada sisi luar *upstand* untuk mengalirkan air menjauh dari sambungan.

3. Instalasi Panel Kaca/Penutup Atap:

Panel kaca *laminated* dipasang di atas rangka aluminium menggunakan *setting block* karet (EPDM) untuk mencegah kontak langsung antara kaca dan logam yang dapat menyebabkan pecah akibat getaran atau muai-susut.

4. Aplikasi *Sealant* (Tahap Kritis):

- a. Setelah kaca terpasang presisi, celah sambungan dibersihkan dari debu dan minyak.
- b. *Sealant* silikon diaplikasikan secara merata dan padat pada seluruh sambungan (*joint*). Pengecekan visual dilakukan untuk memastikan tidak ada gelembung udara (*air bubble*) pada *sealant*.

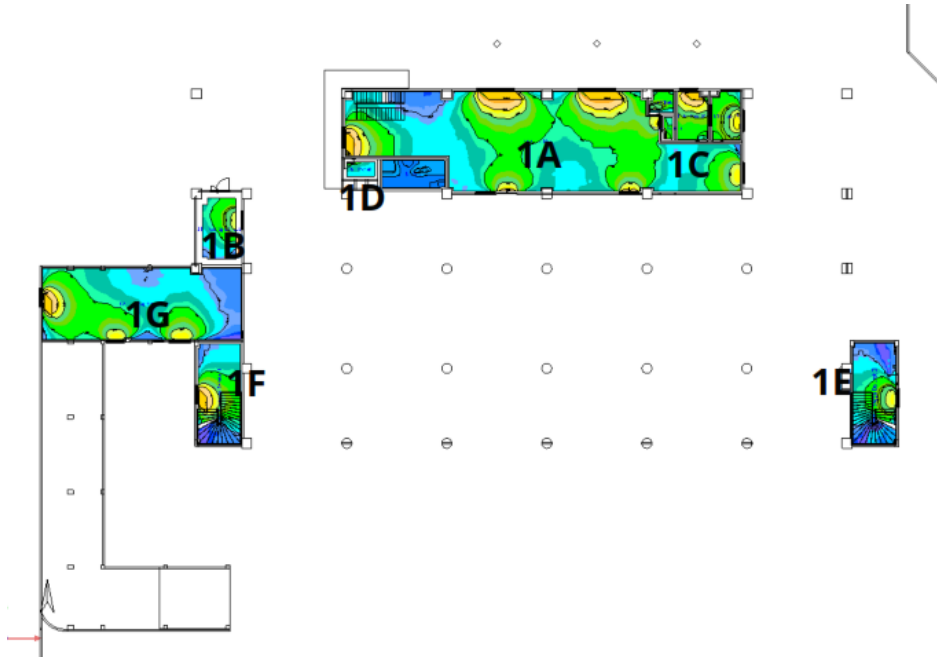
5. Tes Rendam (*Water Test*):

Setelah *sealant* kering sempurna (*curing*), dilakukan pengujian siram atau rendam pada area *skylight* untuk memverifikasi kededapan air sebelum serah terima pekerjaan.

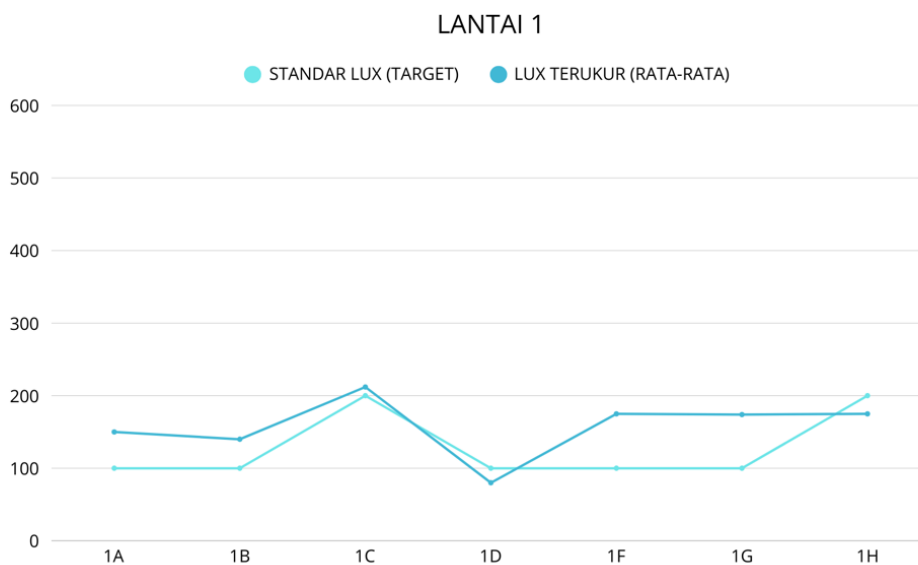
4.3 Hasil Simulasi Redesain Dialux Evo

4.3.1 Hasil Simulasi di jam 09.00, 21 Juni 2025

a. Hasil Simulasi Dialux Lantai 1



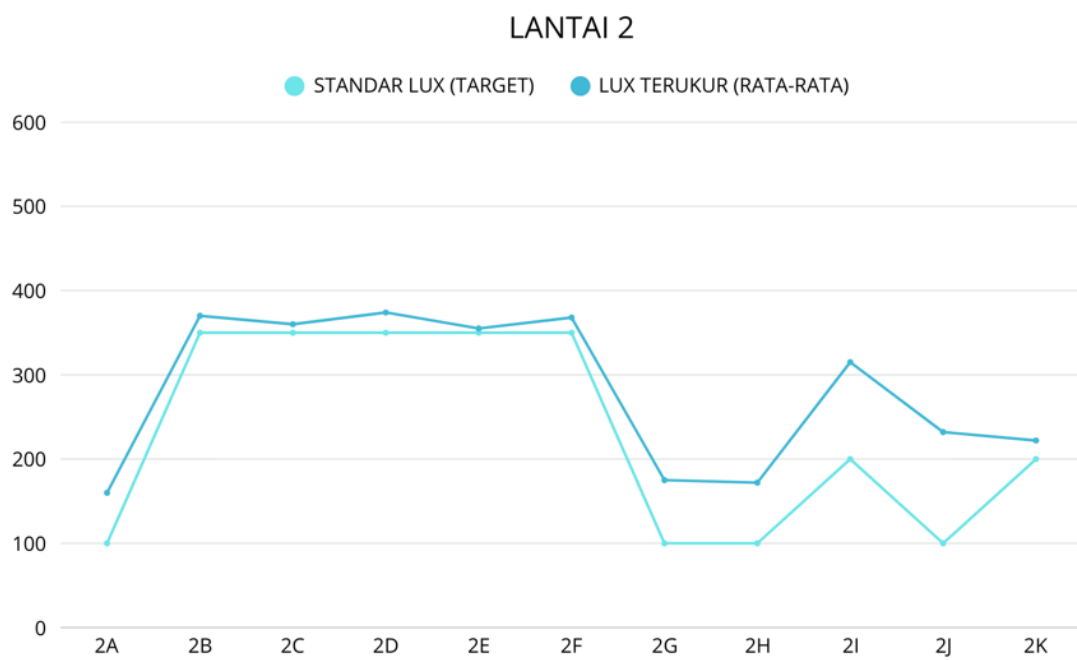
Grafik Simulasi Lantai 1



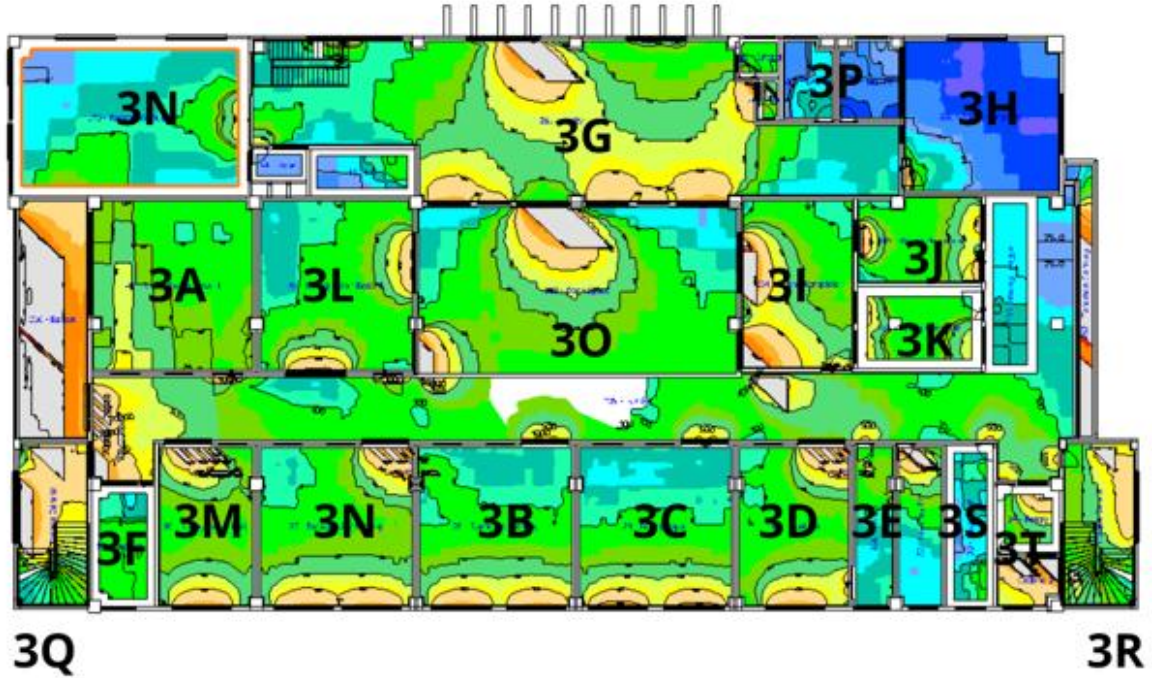
b. Hasil Simulasi Dialux Lantai 2



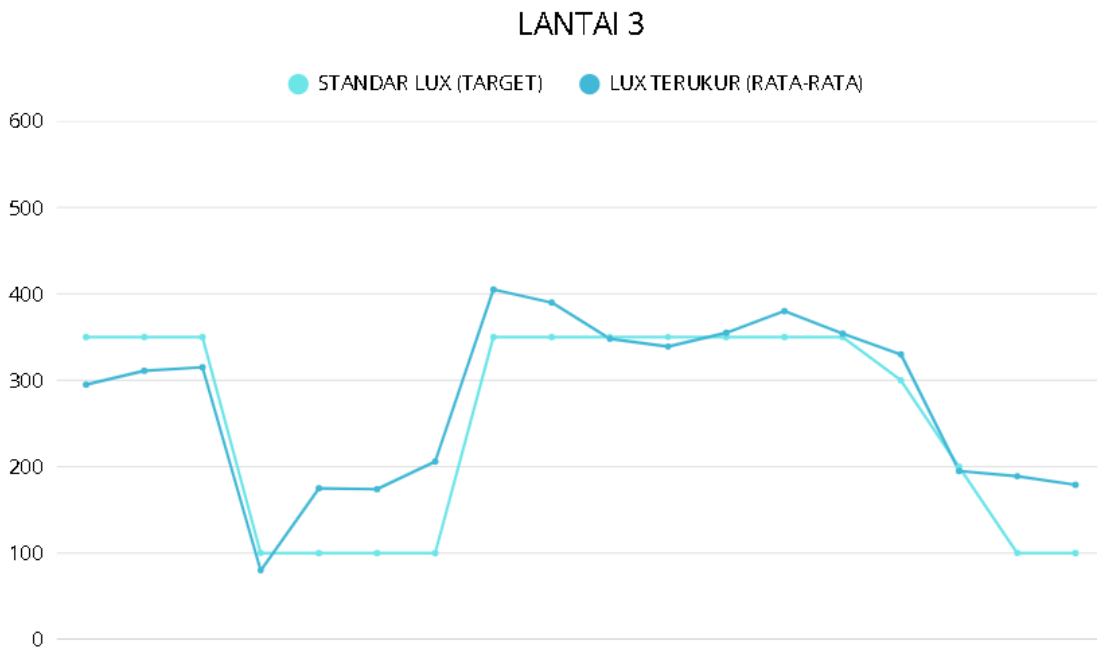
Grafik Simulasi Lantai 2



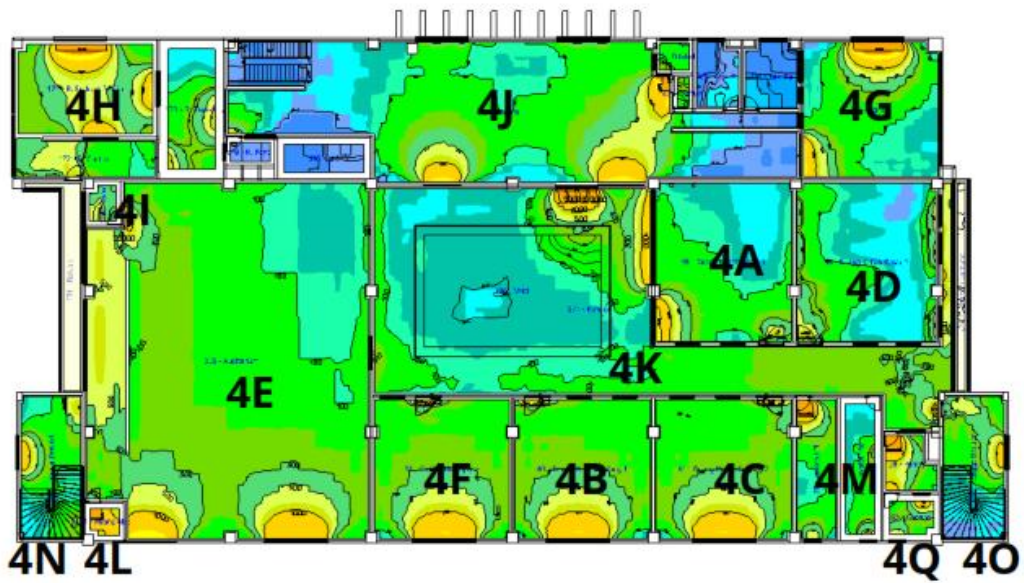
Hasil Simulasi Dialux Lantai 3



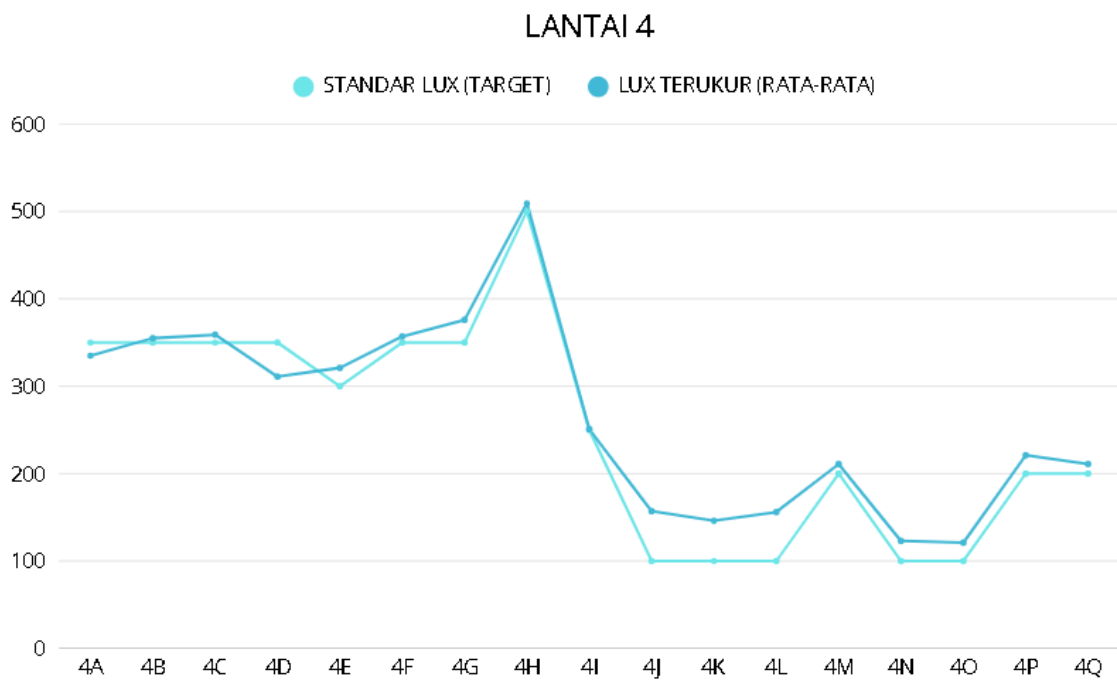
Grafik Simulasi Lantai 3



Hasil Simulasi Dialux Lantai 4

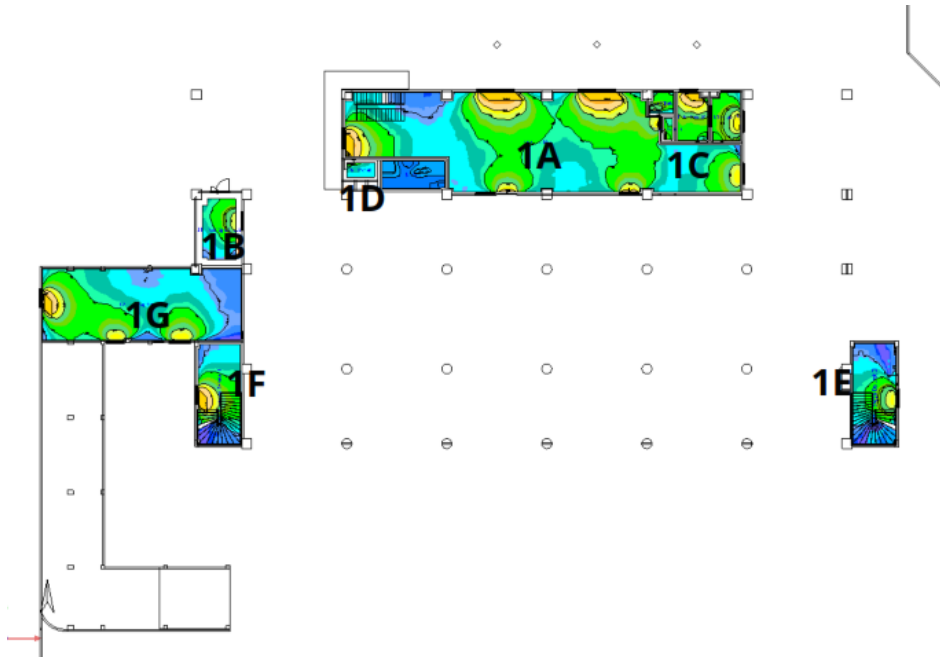


Grafik Simulasi Lantai 4

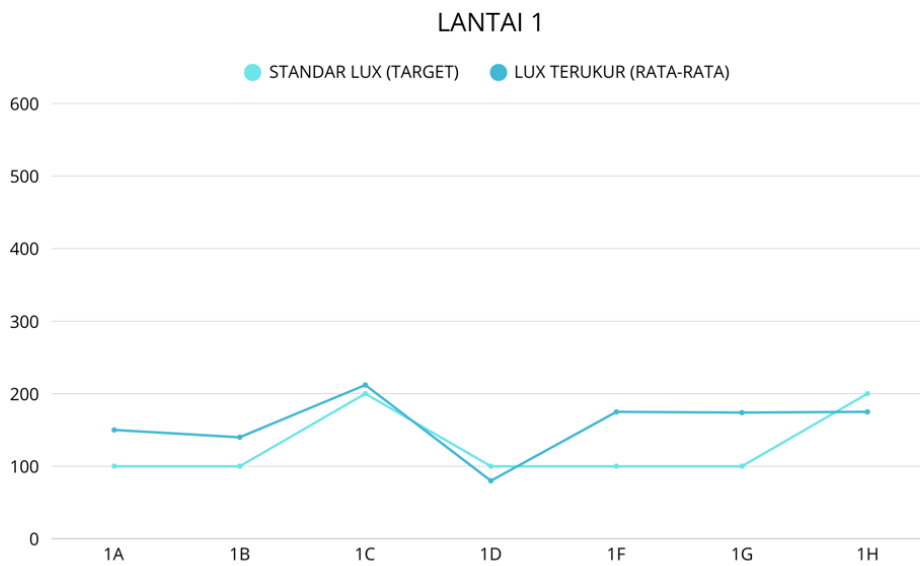


4.3.1 Hasil Simulasi di jam 12.00 21 Juni 2025

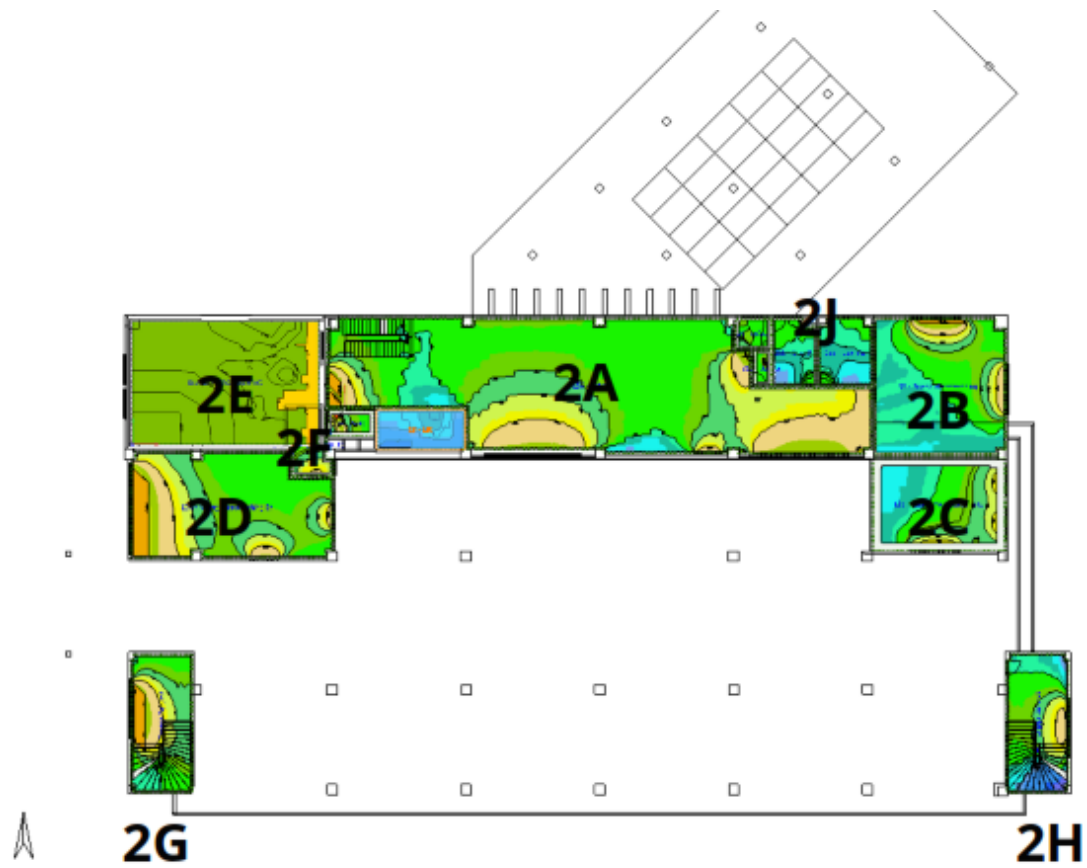
a. Hasil Simulasi Dialux Lantai 1



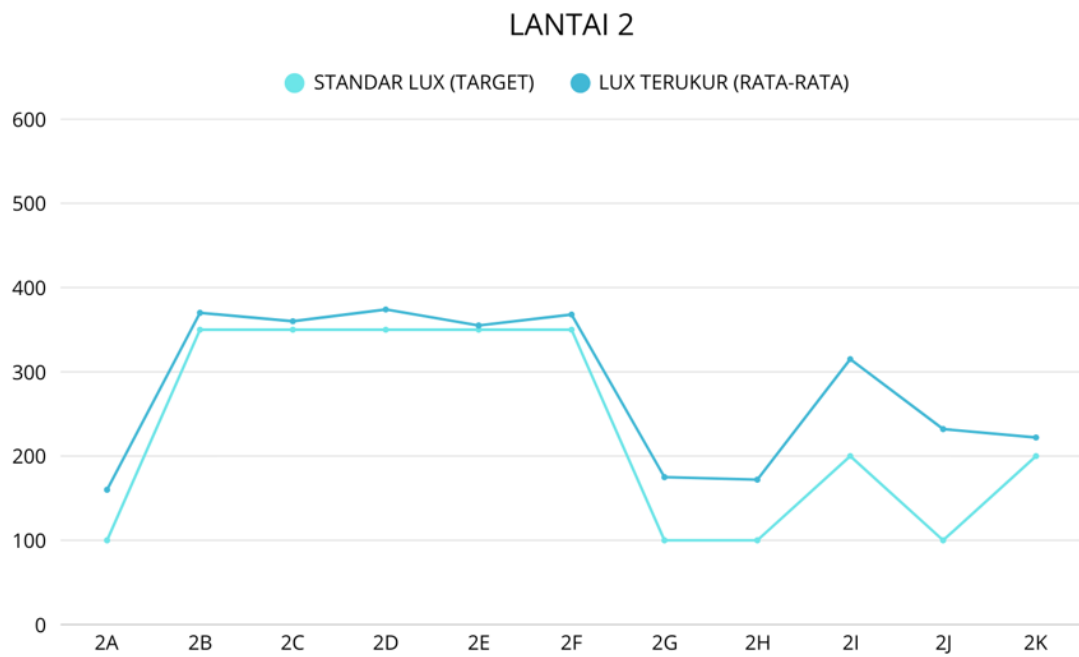
Grafik Simulasi Lantai 1



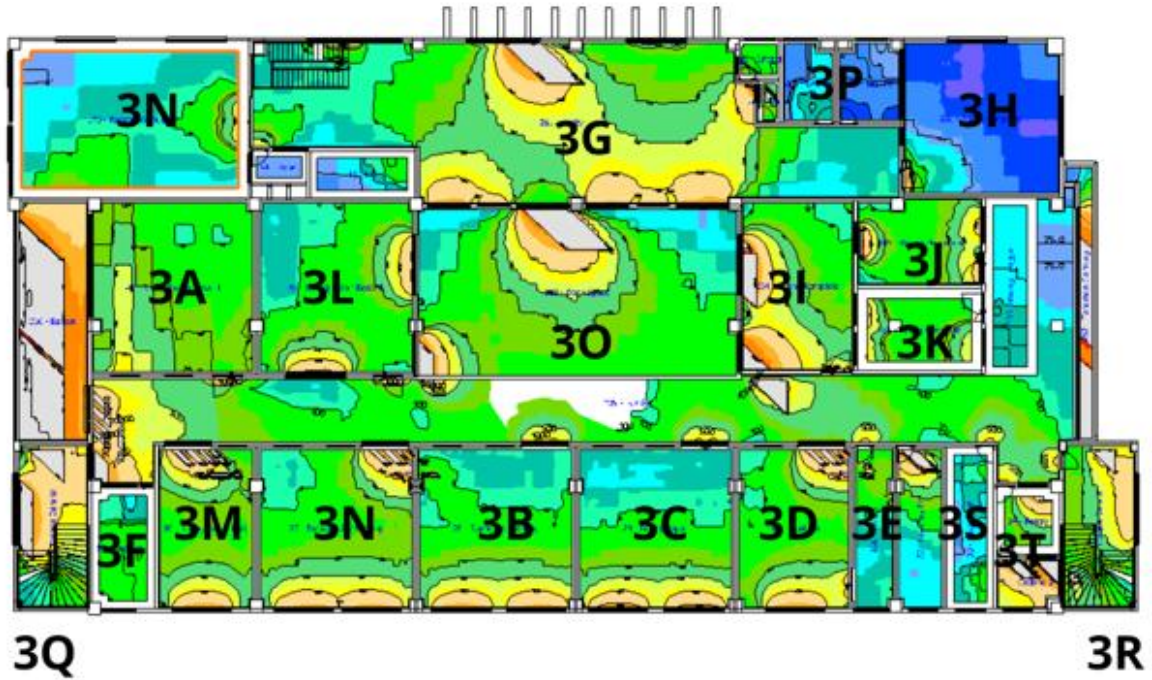
b. Hasil Simulasi Dialux Lantai 2



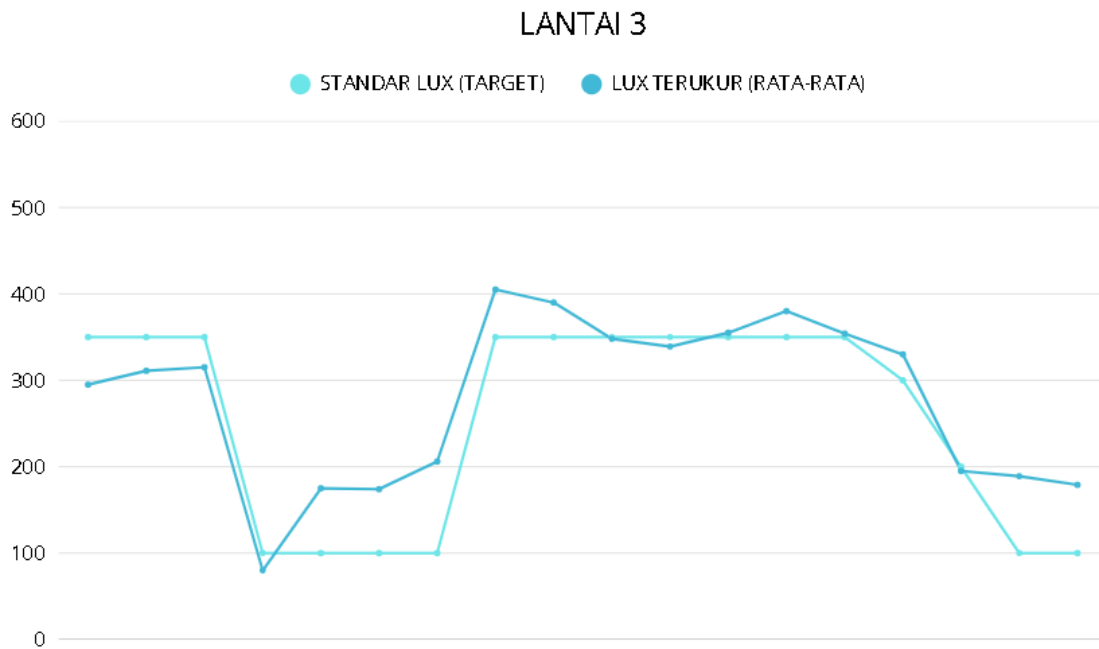
Grafik Simulasi Lantai 2



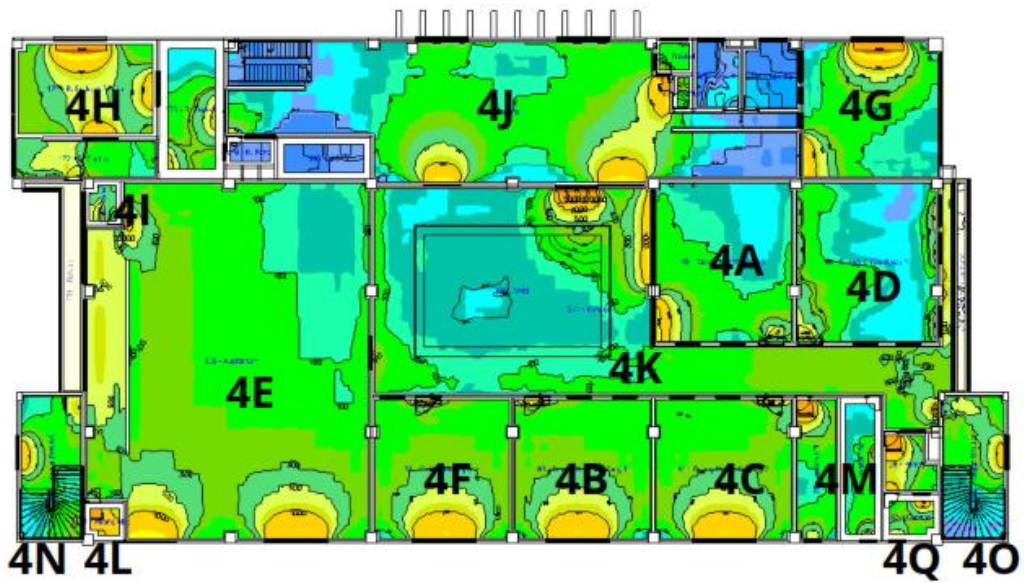
Hasil Simulasi Dialux Lantai 3



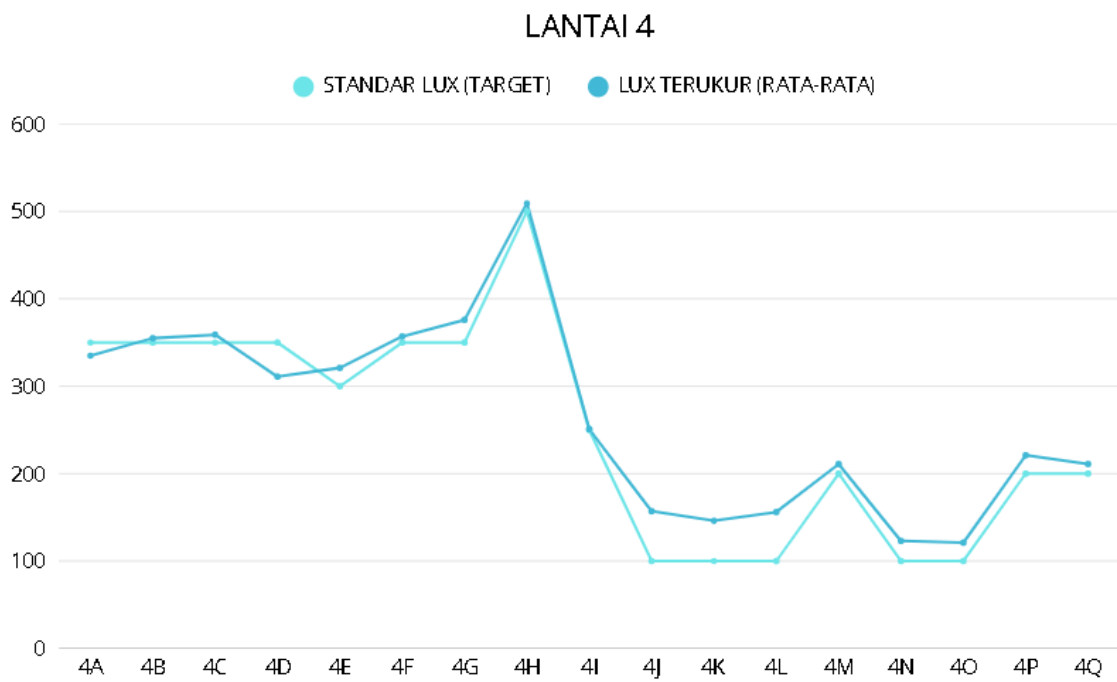
Grafik Simulasi Lantai 3



Hasil Simulasi Dialux Lantai 4

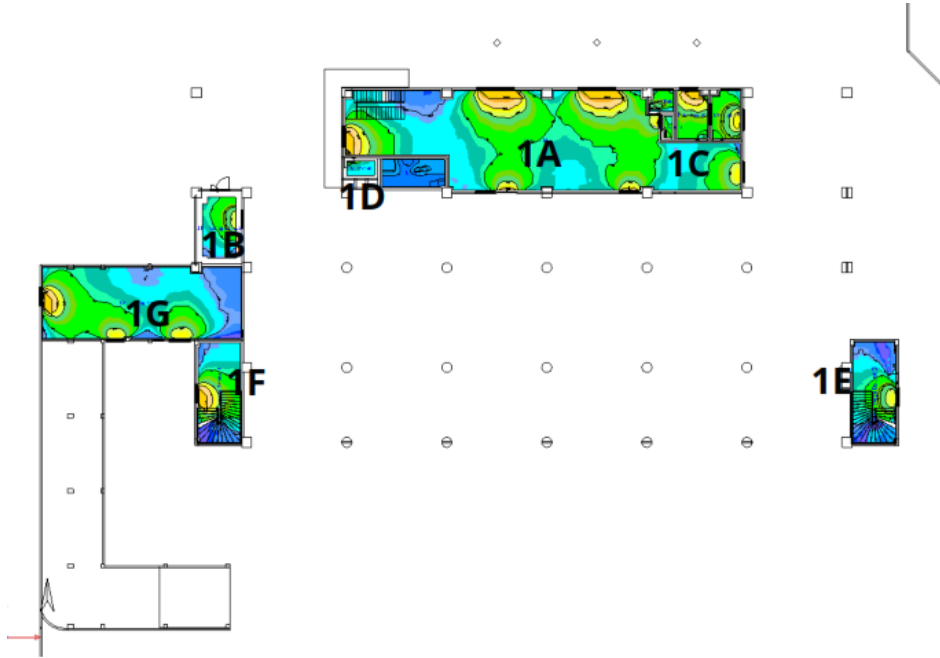


Grafik Simulasi Lantai 4

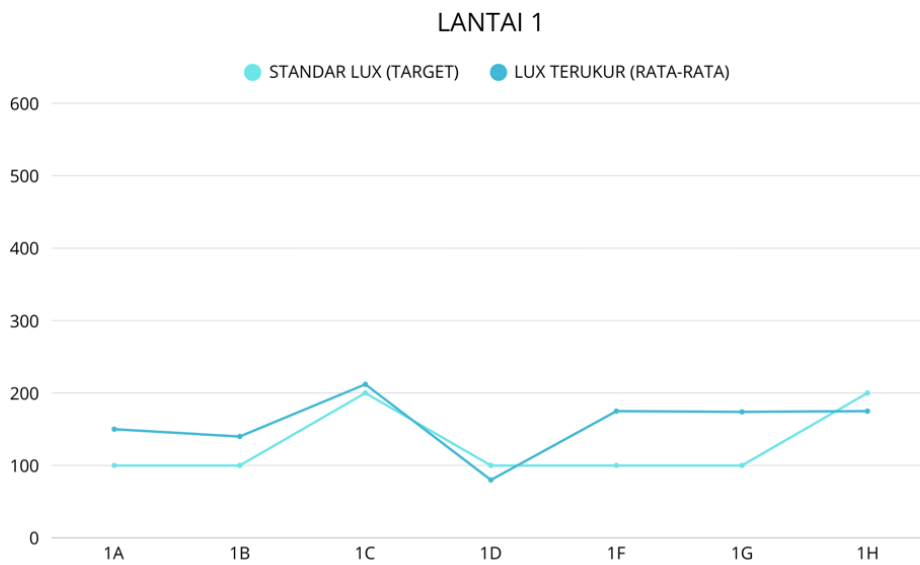


4.3.1 Hasil Simulasi di jam 16.00 21 Juni 2025

a. Hasil Simulasi Dialux Lantai 1



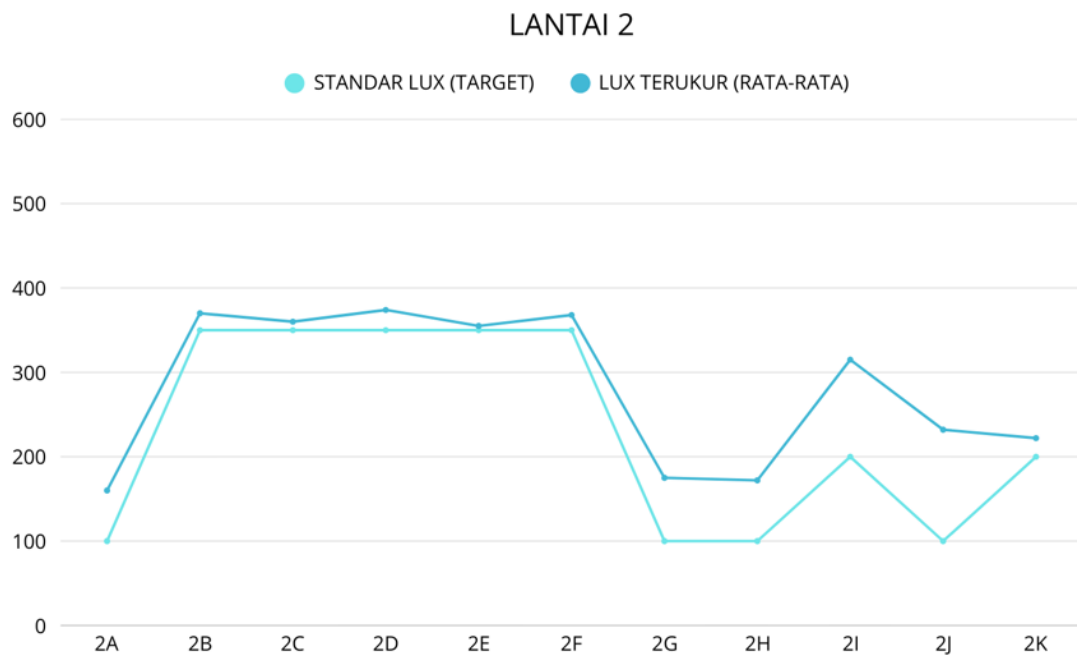
Grafik Simulasi Lantai 1



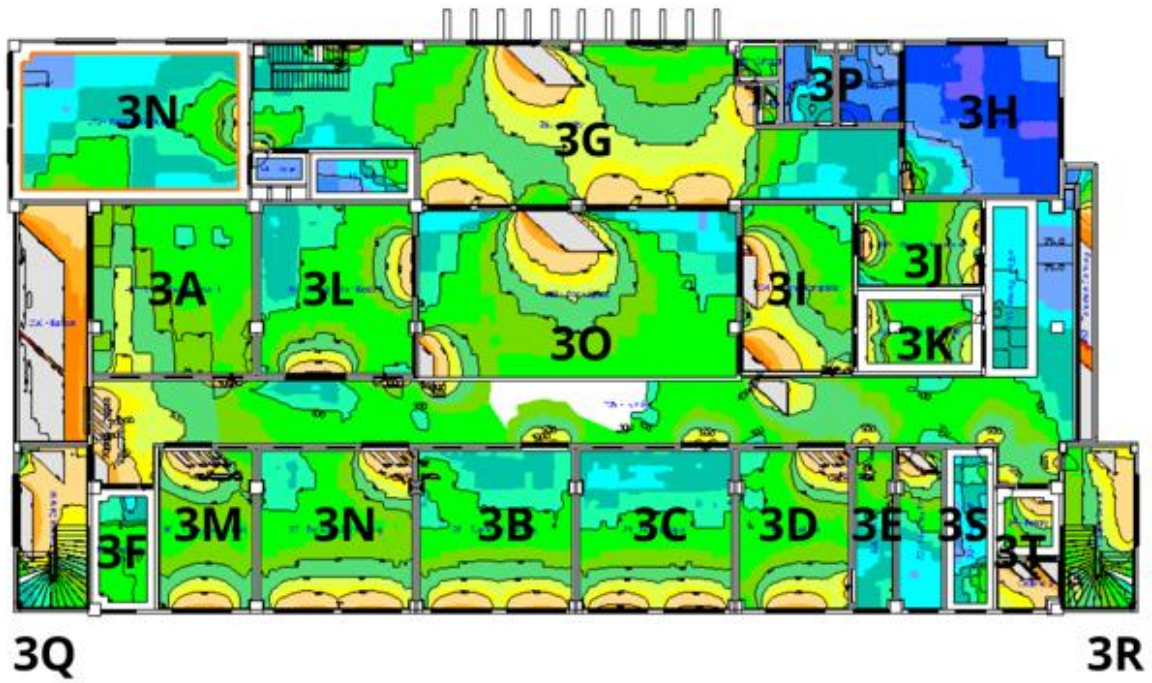
b. Hasil Simulasi Dialux Lantai 2



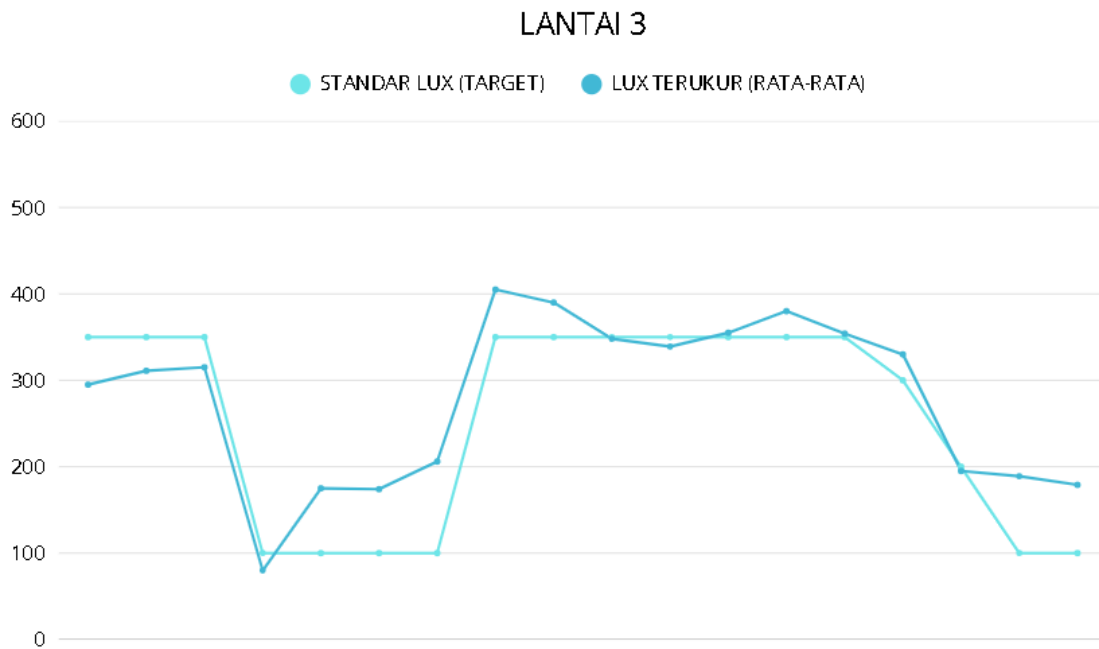
Grafik Simulasi Lantai 2



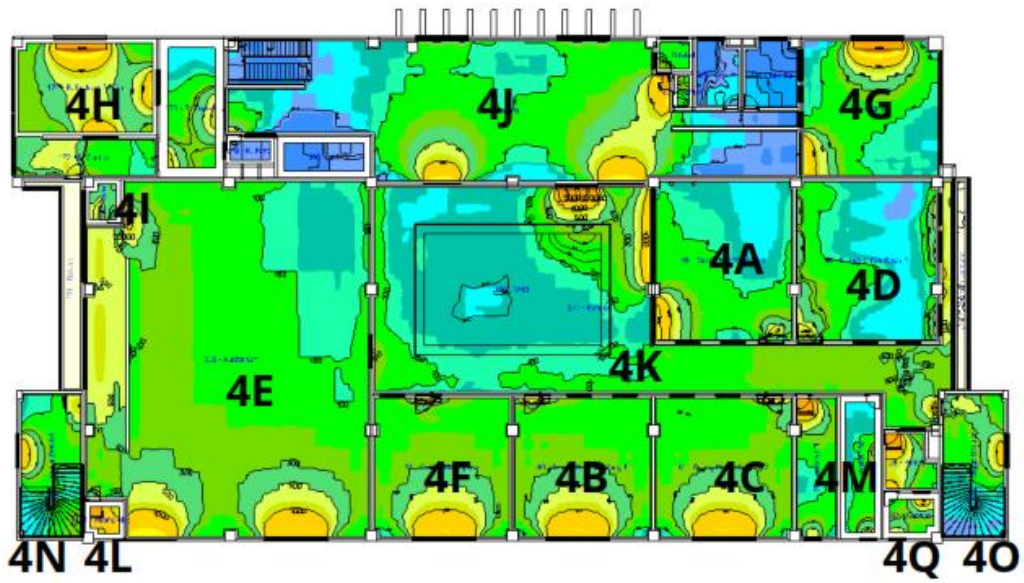
Hasil Simulasi Dialux Lantai 3



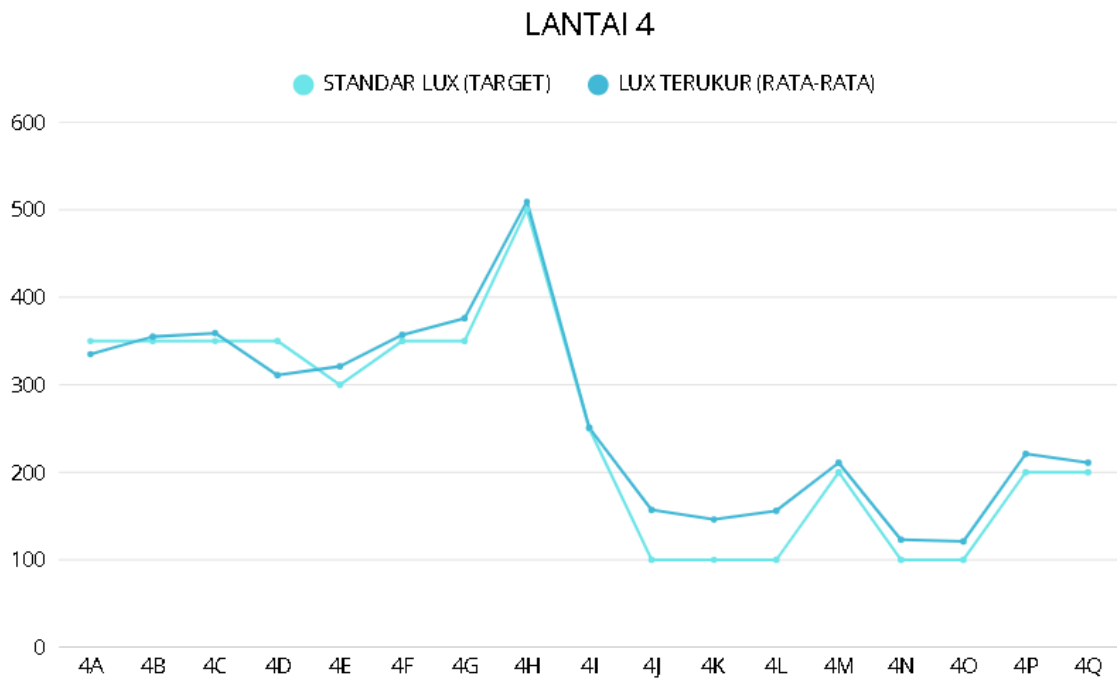
Grafik Simulasi Lantai 3



Hasil Simulasi Dialux Lantai 4



Grafik Simulasi Lantai 4



Simulasi tahap akhir dilakukan dengan mengimplementasikan seluruh variabel redesain pasif, meliputi perubahan tata ruang (*layout*), penerapan *void* vertikal dan *skylight*, serta penggunaan material fasad performa tinggi (*Dark Blue Tempered Glass*). Simulasi dijalankan pada kondisi waktu yang sama dengan studi eksisting (Pukul 12.00 WIB, *Clear Sky*) untuk menjaga validitas perbandingan.

Berikut adalah analisis hasil simulasi per lantai berdasarkan Peta Isolux dan Grafik Distribusi Cahaya:

A. Analisis Kinerja Redesain Lantai 1

Pada Lantai 1, perubahan struktur kolom dan pembukaan area tengah menjadi Atrium memberikan dampak signifikan.

- a. Peta Isolux: Area tengah (*Main Lobby/Atrium*) yang sebelumnya merupakan zona gelap kini menunjukkan peningkatan intensitas cahaya yang merata (ditandai dengan sebaran warna hijau-kuning pada peta). Cahaya ini diperoleh dari pantulan *void* yang menerus dari atap.
- b. Grafik Lux: Grafik menunjukkan kenaikan tingkat pencahayaan rata-rata di area sirkulasi dan ruang penerima. Penggunaan material kaca baru pada fasad juga terlihat efektif mengontrol area yang sebelumnya mengalami *glare* ekstrem, sehingga grafik lux menjadi lebih stabil dan memenuhi ambang batas kenyamanan visual.

B. Analisis Kinerja Redesain Lantai 2

Lantai 2 merupakan area yang paling terdampak oleh keberadaan *Void*.

- a. Peta Isolux: Terlihat perbedaan kontras dengan kondisi eksisting. Lorong/koridor yang mengelilingi *void* kini mendapatkan akses cahaya alami yang melimpah. Area "ruang dalam ruang" yang sebelumnya gelap gulita (*deep blue*) telah hilang, digantikan oleh distribusi cahaya yang merata di sepanjang koridor tunggal (*single-loaded corridor*).
- b. Grafik Lux: Garis kurva intensitas cahaya pada grafik menunjukkan tren positif, di mana rata-rata Lux pada ruang-ruang kelas dan koridor kini berada di atas garis target standar SNI (minimal 300-350 Lux), membuktikan efektivitas bukaan vertikal.

C. Analisis Kinerja Redesain Lantai 3

Serupa dengan Lantai 2, relokasi ruang kelas ke sisi perimeter (Utara-Selatan) memberikan akses cahaya samping (*side-lighting*) yang optimal.

- a. Peta Isolux: Distribusi cahaya terlihat seragam mengisi ruang-ruang kelas baru. Tidak ditemukan lagi *spot* gelap di tengah massa bangunan. Warna pada peta isolux menunjukkan gradasi yang halus dari jendela ke arah dalam, menandakan penetrasi cahaya yang dalam namun tidak menyilaukan.
- b. Grafik Lux: Rata-rata pencahayaan pada ruang fungsi utama (Kelas dan Ruang Dosen) tercatat stabil memenuhi standar. Fluktuasi ekstrem yang terjadi pada kondisi eksisting berhasil diredam berkat penggunaan *shading device* dan spesifikasi kaca *panasap*.

D. Analisis Kinerja Redesain Lantai 4

Sebagai lantai teratas yang berhubungan langsung dengan *Skylight*, Lantai 4 menunjukkan performa pencahayaan yang paling tinggi namun terkontrol.

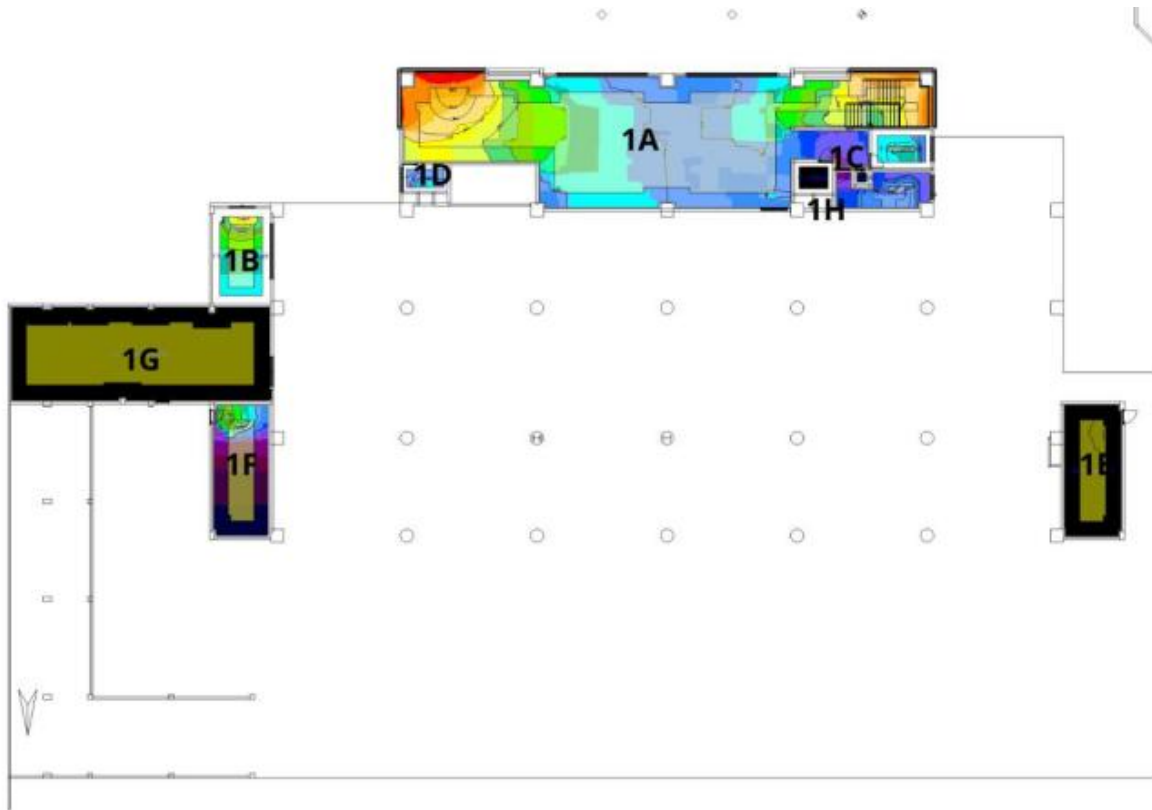
- a. Peta Isolux: Area di bawah *skylight* menunjukkan intensitas tinggi yang berfungsi sebagai *light-well* untuk lantai di bawahnya. Namun, berkat penggunaan kaca *Low-E* pada skylight, intensitas ini tidak melebar menjadi radiasi panas yang merugikan.
- b. Grafik Lux: Grafik menunjukkan capaian Lux yang sangat baik. Seluruh ruang di lantai ini mendapatkan pencahayaan alami yang cukup untuk beraktivitas tanpa bantuan lampu buatan pada siang hari, dengan distribusi yang jauh lebih merata dibandingkan kondisi atap masif sebelumnya.

4.4 Analisis Perbandingan Kinerja Eksisting dan Pasca-Redesain

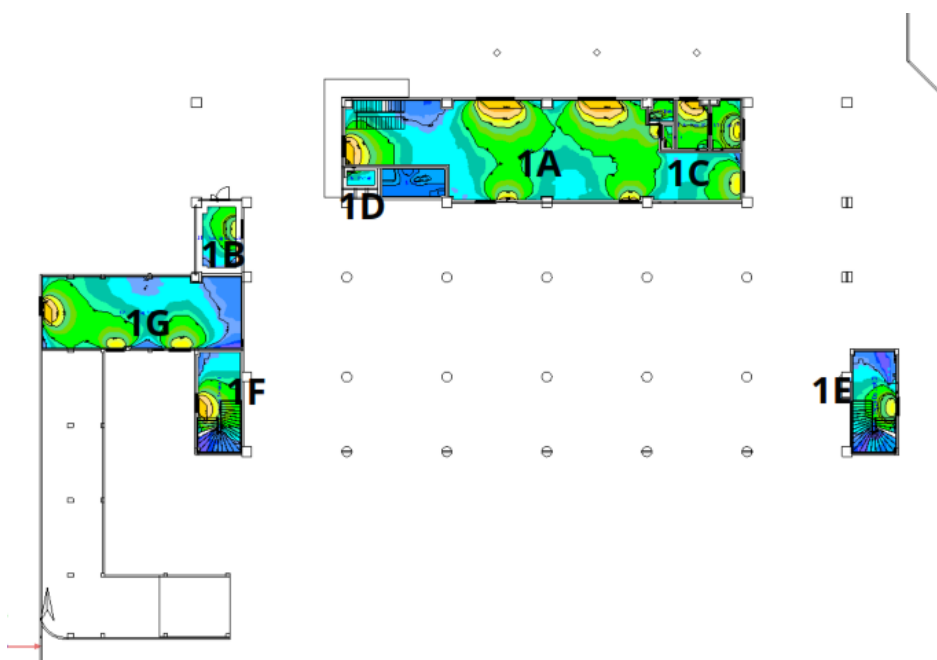
Analisis komparatif ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas intervensi desain pasif dengan membandingkan data hasil simulasi kondisi eksisting dan pasca-redesain secara langsung (*head-to-head*). Perbandingan difokuskan pada peningkatan intensitas rata-rata (*Average Illuminance*) dan pola distribusi cahaya pada Peta Isolux.

4.4. Perbandingan Pola Distribusi Cahaya

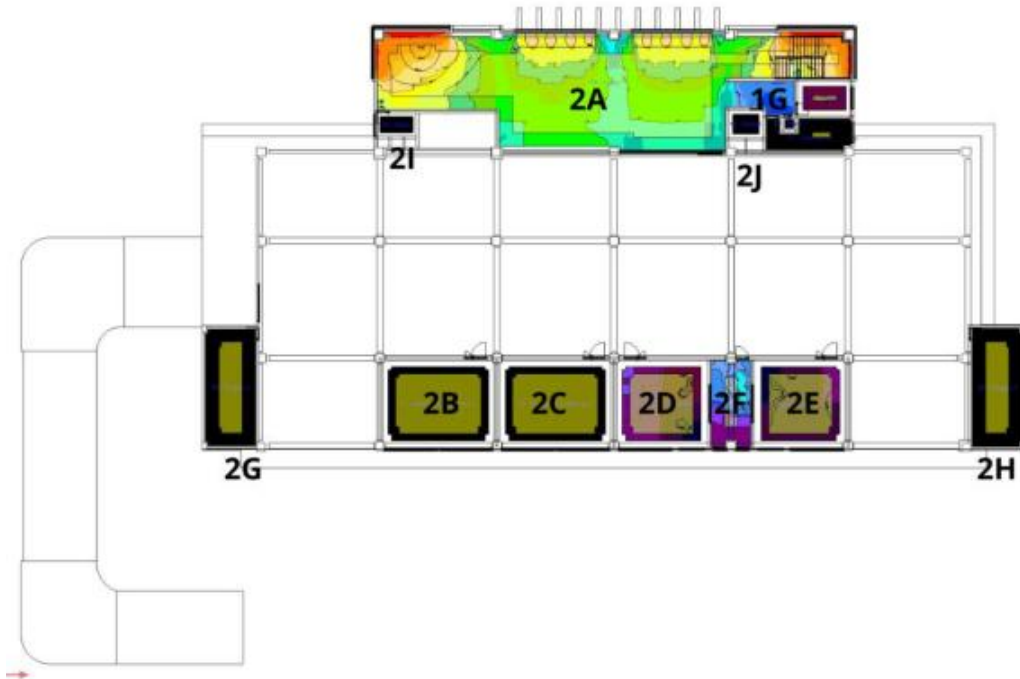
a. Hasil Simulasi Dialux Eksisting Lantai 1



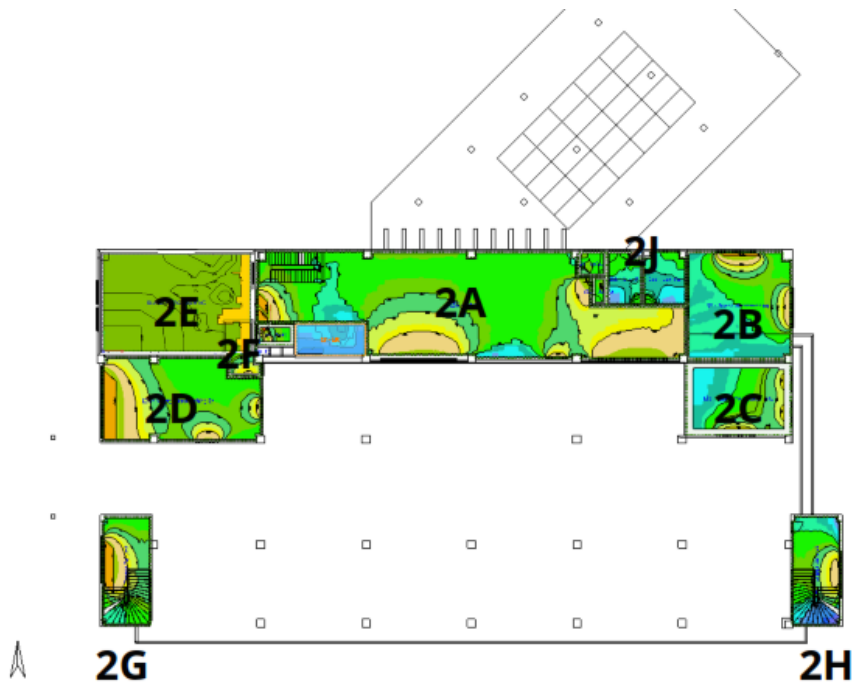
Grafik Simulasi Dialux Redesain Lantai 1



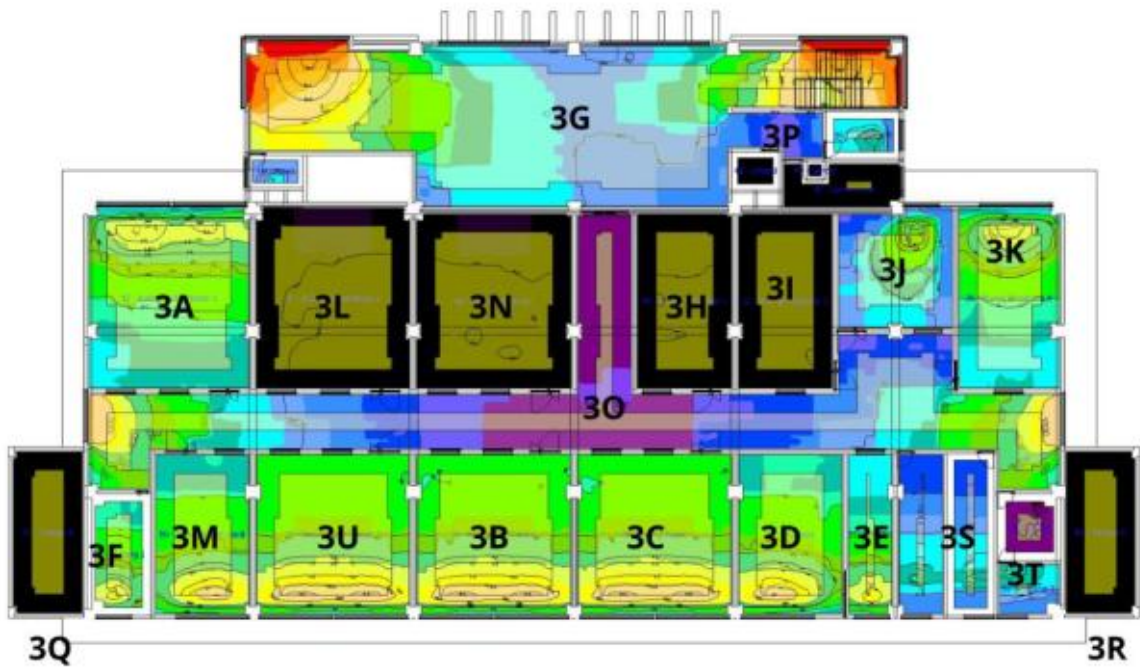
c. Hasil Simulasi Dialux Eksisting Lantai 2



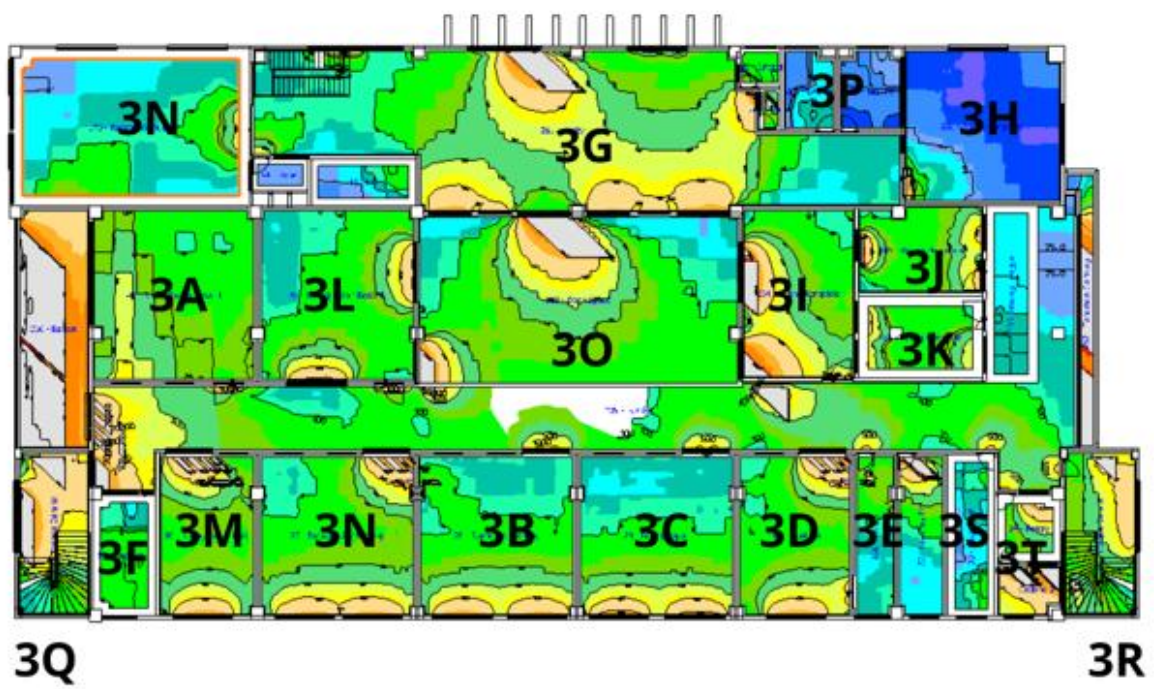
Grafik Simulasi Dialux Redesain Lantai 2



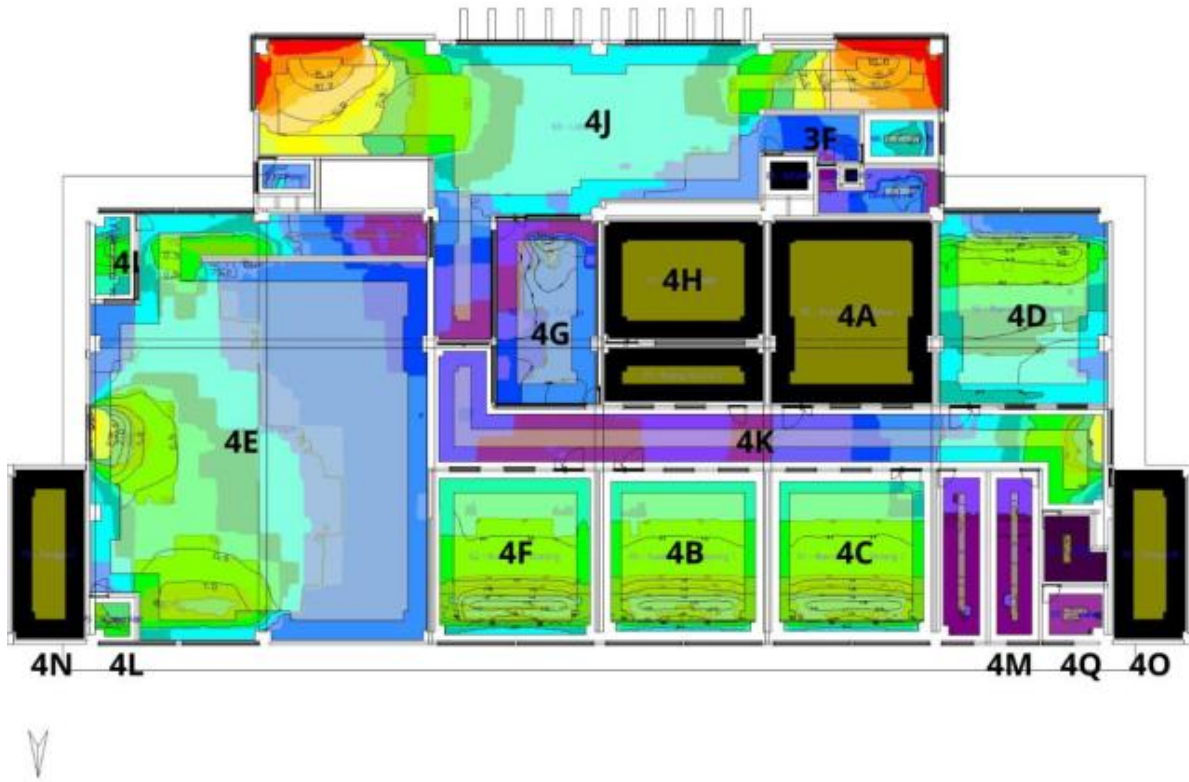
Hasil Simulasi Dialux Eksisting Lantai 3



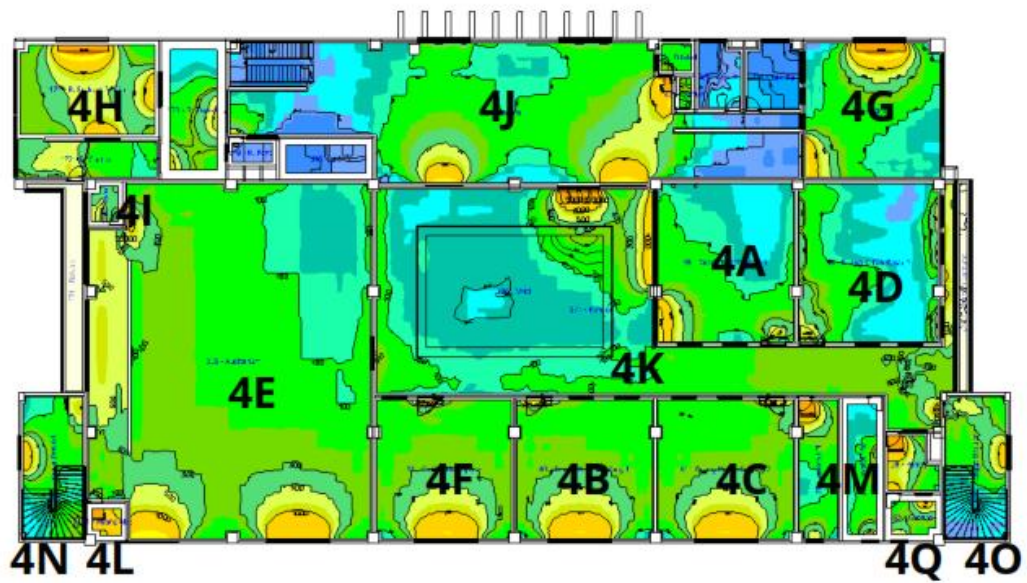
Grafik Simulasi Dialux Redesain Lantai 3



Hasil Simulasi Dialux Eksisting Lantai 4



Grafik Simulasi Dialux Redeain Lantai 4



4.4.1 Perbandingan Pola Distribusi Cahaya (*Isolux Map Comparison*)

Berdasarkan perbandingan visual Peta Isolux dari Lantai 1 hingga Lantai 4, terlihat transformasi signifikan pada pola penyebaran cahaya:

1. Lantai 1: Transformasi Zona Gelap Menjadi Atrium Terang

- a. Eksisting: Peta isolux eksisting didominasi warna biru tua (*dark zone*) di area tengah lobi, dengan kontras tajam warna merah (*glare*) di area pintu masuk.
- b. Redesain: Peta isolux redesain menunjukkan sebaran warna hijau-kuning yang merata di area tengah. Hal ini membuktikan bahwa pembukaan *Void* dan *Skylight* berhasil menciptakan "jantung cahaya" yang menerangi area lobi tanpa menimbulkan silau berlebih.

2. Lantai 2 & 3: Pemerataan Cahaya di Koridor dan Ruang Kelas

- a. Eksisting: Terlihat jelas adanya "ruang dalam ruang" yang gelap gulita di bagian tengah massa bangunan, dikelilingi oleh area perimeter yang cukup terang.
- b. Redesain: Zona gelap di tengah hilang sepenuhnya dan digantikan oleh area terang (warna hijau) yang berasal dari *void* tengah. Ruang-ruang kelas yang dipindahkan ke perimeter juga menunjukkan gradasi warna yang lebih halus, menandakan distribusi cahaya samping yang optimal berkat *shading* dan kaca *panasap*.

3. Lantai 4: Eliminasi Kontras Ekstrem

- a. Eksisting: Peta isolux menunjukkan *hotspot* (area merah pekat) di beberapa titik, sementara area lain masih kurang cahaya.
- b. Redesain: Distribusi cahaya menjadi sangat seragam (dominasi warna hijau-biru muda) di seluruh lantai. Penggunaan kaca *Low-E* pada skylight terbukti mampu memasukkan cahaya dengan intensitas yang terkontrol, menghindari terjadinya *over-lit* di lantai teratas.

4.4.2 Perbandingan Kuantitatif Intensitas Cahaya (*Lux Comparison*)

Analisis grafik memvalidasi peningkatan kinerja secara numerik:

- Stabilitas Grafik:

- a. Grafik eksisting menunjukkan fluktuasi tajam (garis biru tua naik-turun drastis), menandakan ketidakstabilan cahaya (ada ruang sangat terang, ada yang sangat gelap).
 - b. Grafik redesain (garis biru muda) menunjukkan pola yang jauh lebih stabil dan landai. Hampir seluruh titik ukur kini berada di atas ambang batas standar (garis target), tanpa lonjakan ekstrem yang mengindikasikan silau.
- Pencapaian Target SNI:
 - a. Pada kondisi eksisting, sebagian besar ruang interior (seperti Ruang 1C, 1D, 2C, 2D) berada jauh di bawah garis target.
 - b. Pasca-redesain, kurva intensitas cahaya pada ruang-ruang tersebut mengalami kenaikan signifikan (*uplift*) dan kini konsisten berada di atas atau sejajar dengan garis target SNI, memverifikasi keberhasilan strategi *daylighting* yang diterapkan.

Perbandingan *side-by-side* ini membuktikan hipotesis penelitian bahwa integrasi *Void*, *Skylight*, dan modifikasi fasad mampu mengubah kinerja bangunan secara drastis: dari kondisi yang kontras dan *under-lit* menjadi kondisi yang terang merata dan memenuhi standar kenyamanan visual SNI.