

OPTIMISASI DESAIN PENCAHAYAAN PADA GEDUNG OLAHRAGA BULU TANGKIS DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PARAMETER PENCAHAYAAN BERBASIS EFEK VISUAL DAN NON-VISUAL

PENYUSUN

Ikhwan Muttaqien H – 23323302
Kelompok Keahlian PENCAHAYAAN

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Rizki Armanto mangkuto, S.T., M.T.
Ir. Narendra Kurnia Putra, S.T., M.T., Ph.D.



Pendahuluan

Pencahayaan di Gedung Olahraga (GOR), khususnya untuk olahraga bulu tangkis, merupakan aspek penting yang memengaruhi kenyamanan visual dan kinerja atlet. Sistem pencahayaan yang tidak dirancang secara optimal dapat menimbulkan ketidaknyamanan visual, seperti silau yang berpotensi menurunkan akurasi penglihatan serta menyebabkan kelelahan mata. Sayangnya, regulasi mengenai ambang batas toleransi silau di gedung olahraga masih terbatas dan belum banyak dibahas secara mendalam dalam literatur. Lebih dari sekedar aspek visual, pencahayaan juga memiliki dampak non-visual, seperti memengaruhi ritme sirkadian, kewaspadaan, dan kondisi emosional. Faktor-faktor ini secara langsung berkontribusi terhadap kesehatan dan kinerja atlet.

Penelitian sebelumnya telah memperkenalkan parameter seperti *melanopic Equivalent Daylight Illuminance* (mel-EDI) dan *Circadian Stimulus* (CS) untuk mengevaluasi efek pencahayaan terhadap aspek non-visual. Berdasarkan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi desain pencahayaan GOR bulu tangkis yang optimal, dengan mempertimbangkan parameter-parameter pencahayaan yang berbasis efek visual, termasuk indeks silau, dan yang berbasis efek non-visual, guna mendukung kenyamanan dan kesehatan atlet selama bertanding.

Hasil dan Analisis

Validasi Perangkat Simulasi – Nilai MAPE pada setiap Lapangan

Lapangan	Titik	UGR [-]		E_v [lx]	
		Pengukuran	Simulasi	Pengukuran	Simulasi
1	1	26,6	27	1,50%	615
	2	26,7	27	1,12%	502
	3	26,4	27	2,27%	598
	4	26	27	3,85%	610
2	1	26,3	27	2,66%	650
	2	26,6	27	1,50%	648
	3	26,7	27	1,50%	620
	4	26,7	27	1,12%	652
MAPE		1,94%		7,96%	

Lapangan	Titik	mel-EDI [lx]			CS [-]		
		Pengukuran	Simulasi	PE	Pengukuran	Simulasi	PE
1	1	456	386	15%	0,56	0,57	0,7%
	2	465	393	16%	0,56	0,57	2,3%
	3	472	360	24%	0,56	0,57	1,5%
	4	546	415	24%	0,56	0,57	0,6%
2	1	494	410	17%	0,57	0,57	0,7%
	2	534	431	19%	0,57	0,57	0,6%
	3	425	341	20%	0,56	0,57	0,8%
	4	469	391	17%	0,57	0,57	0,6%
MAPE		19%			1%		

Berdasarkan hasil MAPE yang diperoleh, rata-rata galat adalah sebesar 1,94% untuk UGR dan 7,96% untuk E_v . Hasil tersebut menunjukkan tingkat akurasi *DIALux* 4.13 dalam mengevaluasi UGR dan iluminansi vertikal dalam kasus ini tergolong baik. Hasil MAPE menunjukkan bahwa *DIALux* 4.13 dapat langsung digunakan untuk memprediksi parameter-parameter pencahayaan berbasis efek visual, termasuk indeks silau UGR, dalam desain pencahayaan elektrik pada GOR KONI Bandung.

Kemudian pada parameter-parameter non-visual, didapatkan rata-rata galat adalah sebesar 19% untuk mel-EDI dan 1% untuk CS. Meskipun demikian, hasil tersebut menunjukkan ALFA memiliki tingkat akurasi yang baik dalam memprediksi parameter mel-EDI dan CS karena nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi (Pierson, 2021).

Parameter Kondisi Pencahayaan

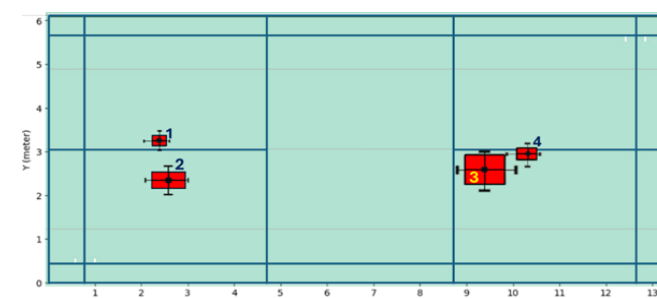
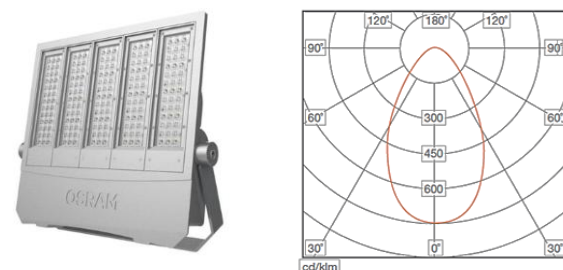
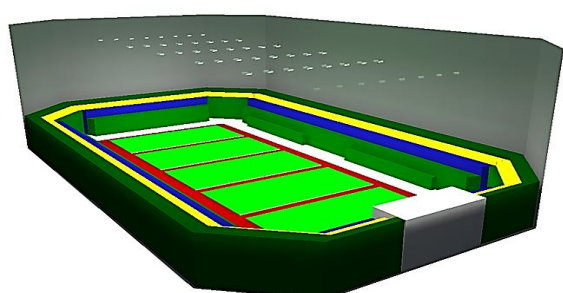


Platform Desain & Simulasi

ALFA

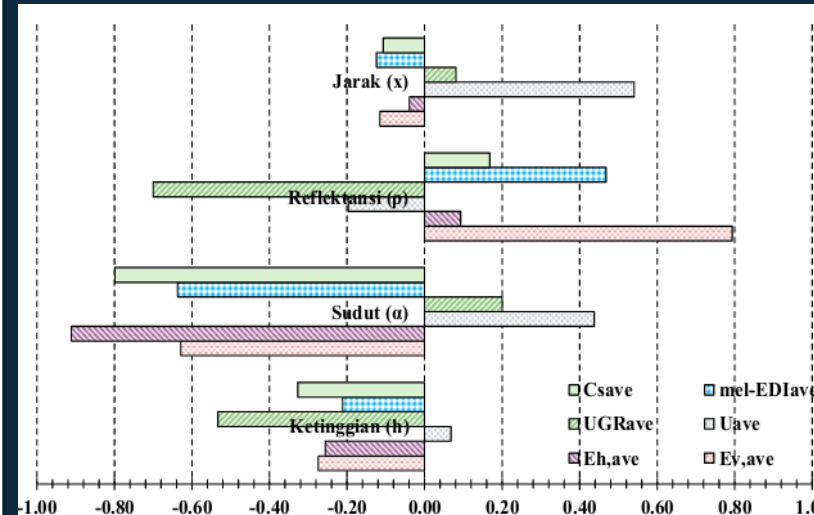
DIALUX 4.13

Pemodelan GOR



Titik Ukur E_v , UGR, Mel-EDI, dan CS

Analisis Sensitivitas



Berdasarkan Analisis sensitivitas, bahwa sudut kemiringan lumener (α) memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap sebagian besar parameter keluaran, terutama terhadap $E_{h,ave}$ (KRS = -0,91). Nilai ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemiringan lumener menyebabkan penurunan $E_{h,ave}$ secara tajam. Selain itu, sudut lumener juga memengaruhi parameter $E_{v,ave}$ (KRS = -0,63), mel-EDI (KRS = -0,64), dan CS (KRS = -0,80), yang mengindikasikan bahwa sudut pancaran cahaya sangat menentukan persebaran iluminansi yang diterima di lapangan. Sudut lumener termasuk dalam aspek arah penyebaran cahaya, yang merupakan salah satu komponen kunci dalam mempengaruhi respon non-visual terhadap cahaya. Arah penyebaran cahaya ini menentukan jalur masuk cahaya ke mata dan area retina yang menerima paparan. Faktor ini sangat penting karena sel ipRGCs yang memainkan peran utama dalam respons pencahayaan berbasis efek non-visual dan memiliki tingkat sensitivitas yang bervariasi tergantung pada bagian retina yang terpapar cahaya (Gkaintatzi-Masouti et al., 2023; Khademagha et al., 2016).

Hasil Optimisasi Desain

Parameter Keluaran	Sebelum		Setelah	
	Lapangan 2	Lapangan 3	Lapangan 2	Lapangan 3
$E_{h,ave}$ [lx]	1621	1720	1775	1854
$E_{v,ave}$ [lx]	551	567	843	865
U_{ave} [-]	0,77	0,84	0,77	0,8
UGR [-]	26,2	26,7	22	22
Mel-EDI [lx]	325	342	651	687
CS [-]	0,53	0,54	0,57	0,58

Setelah mengimplementasikan desain pencahayaan yang optimal tersebut, berdasarkan simulasi, seluruh parameter pencahayaan menunjukkan perbaikan atau tetap berada dalam kisaran target. Nilai $E_{h,ave}$ meningkat masing-masing menjadi 1879 lx dan 1918 lx, yang memperkuat jaminan terhadap pencapaian iluminansi horizontal yang memadai. Meskipun terjadi sedikit penurunan pada nilai U di Lapangan 2 dari 0,77 menjadi 0,73, dan pada Lapangan 3 dari 0,84 menjadi 0,81, kedua nilai tersebut masih tetap di atas batas minimal yang ditargetkan.

Metodologi

Studi Kasus: Gedung Olahraga KONI Bandung

Pemodelan

Membangun model digital GOR bulu tangkis dalam perangkat lunak simulasi pencahayaan berdasarkan kondisi geometris dan material aktual.

Pemodelan

Pengukuran Lapangan

Pengukuran

Melakukan pengukuran iluminansi, luminansi, dan spektral di lapangan secara langsung untuk memperoleh data aktual sebagai acuan validasi.

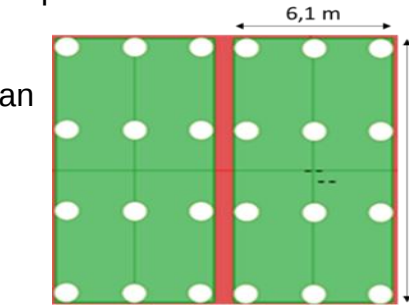
Validasi

Komparasi aspek visual dan non-visual hasil simulasi dengan kondisi pengukuran lapangan

Validasi

Simulasi lanjut

Melakukan eksplorasi berbagai skenario desain pencahayaan untuk mendapatkan konfigurasi optimal



Titik Ukur E_h dan U

Variasi Masukan

Klasifikasi	Parameter Masukan	Variasi	Interval	Catatan
Material	Reflektansi Lantai (ρ)	$0,1 \leq \rho \leq 0,5$	0,1	0,1 = kondisi eksisting
	Sudut Lumener (α)	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	10°	30° = kondisi eksisting
Pencahayaan Elektrik	Jarak antar Lumener (x)	$1,8 \leq x \leq 2,0$ m	$dx = 0,1$ m	1,8 = kondisi eksisting
	Ketinggian Lumener (h)	13 m $\leq h \leq 11$ m	$dh = 0,5$ m	13 m = kondisi eksisting

Kesimpulan

- Validasi:** Model simulasi menunjukkan akurasi tinggi dengan rata-rata galat 7,96% untuk iluminansi vertikal (E_v) dan 1,94% untuk indeks silau (UGR), sehingga layak digunakan untuk memprediksi potensi silau pencahayaan di GOR KONI Bandung.
- Analisis Sensitivitas:** Sudut kemiringan lumener paling memengaruhi parameter visual dan non-visual (E_v , E_h , mel-EDI, CS), sedangkan UGR dan kemerataan lebih dipengaruhi oleh ketinggian lumener dan reflektansi permukaan lapangan.
- Desain Optimum:** Konfigurasi terbaik dari hasil optimasi terdiri atas: ketinggian lumener 12 m, sudut 30° , reflektansi lantai 0,5, dan jarak antar lumener 1,9 m—memenuhi seluruh target visual dan non-visual secara simultan.