

THE EFFECT OF BUILDING DESIGN ELEMENTS ON NATURAL LIGHTING PERFORMANCE IN BADMINTON INDOOR FIELD BUMI PANCASONA KBP BANDUNG

¹Safira Ali. ²Ariani Mandala, S.T., M.T.

*¹ Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture
at Parahyangan Catholic University*

*² Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture
at Parahyangan Catholic University*

Abstract- *A good design of light holes in buildings can be done to maximize the potential for natural lighting in tropical countries. The building of badminton sports is one of the functions of a wide span building that is sensitive to natural lighting and requires special techniques in incorporating natural light into it because of its wide span. There are three aspects of visual comfort that must be met by lighting design in badminton sports buildings, namely 2% daylight factor, the distribution of illumination and glare effects. The three aspects of visual comfort will be the starting point of this research as a research variable.*

This study aims to determine the effect of design elements on natural lighting performance on the Pancasona Sportcenter Earth study object by exploring design elements. The study was conducted by evaluating the performance of the object of study and analyzing the influence of site and building elements on the performance of natural lighting in buildings. From the evaluation of natural lighting performance in the study object, it will be known that the design elements that have the most influence on natural lighting on the badminton court. Design elements that have the potential to improve the performance of natural lighting in the object of study will be explored. Exploration is done by simulating the Velux computer program to create controlled conditions.

Based on the results of the evaluation, the study object has not reached the applicable visual comfort standard with a 0.1% daylight factor value, the distribution of illumination is less uniform, and there is no glare. Design elements that have the potential to improve visual comfort in buildings are the position of the net on the interior of the building, the width of the openings and the position of openings in the building, these three elements will be explored further in an effort to improve visual comfort. The exploration results that provide the closest standard value are an exploration of the sawtooth type design, with the value of daylight factor 1.1%, the distribution of illumination most evenly between all explorations and no glare on the field throughout the year. Based on exploration results, each element of design explored will improve the performance of different natural lighting depending on the needs of the building and space activities.

Key Words: *Natural lighting, badminton, wide span, daylight factor, illumination, glare, footprint, building, natural lighting performance.*

PENGARUH ELEMEN DESAIN BANGUNAN TERHADAP PERFORMA PENCAHAYAAN ALAMI PADA LAPANGAN BULUTANGKIS INDOOR BUMI PANCASONA KBP BANDUNG

¹Safira Ali. ²Ariani Mandala, S.T., M.T.

¹ Mahasiswi S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

² Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

¹ Corresponding Author: safiirra@gmail.com

Abstrak- Desain lubang cahaya yang baik pada bangunan bisa dilakukan untuk memaksimalkan potensi pencahayaan alami pada negara tropis. Bangunan olahraga bulutangkis merupakan salah satu fungsi bangunan bentang lebar yang sensitif terhadap pencahayaan alami dan membutuhkan teknik khusus dalam memasukan cahaya alami ke dalamnya karena bentangnya yang lebar. Terdapat tiga aspek kenyamanan visual yang harus dipenuhi oleh desain pencahayaan pada bangunan olahraga bulu tangkis yaitu *daylight factor* 2%, persebaran illuminasi dan efek silau. Ketiga aspek kenyamanan visual tersebut akan menjadi titik berangkat penelitian ini sebagai variabel penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh elemen desain terhadap performa pencahayaan alami pada objek studi Bumi Pancasona *sport center* dengan cara eksplorasi elemen desain. Penelitian dilakukan dengan cara mengevaluasi performa objek studi, dan menganalisa pengaruh elemen tapak dan bangunan terhadap performa pencahayaan alami pada bangunan. Dari evaluasi performa pencahayaan alami pada objek studi, akan diketahui elemen desain yang paling berpengaruh terhadap pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis. Elemen desain yang berpotensi meningkatkan performa pencahayaan alami pada objek studi akan di eksplorasi. Eksplorasi dilakukan dengan simulasi program komputer Velux untuk menciptakan keadaan terkontrol.

Berdasarkan hasil evaluasi, objek studi belum mencapai standar kenyamanan visual yang berlaku dengan nilai *daylight factor* 0.1%, persebaran illuminasi yang kurang merata, dan tidak terjadi silau. Elemen desain yang berpotensi meningkatkan kenyamanan visual pada bangunan adalah posisi jaring pada interior bangunan, luas bukaan dan posisi bukaan pada bangunan, tiga elemen tersebut akan dieksplorasi lebih lanjut sebagai upaya meningkatkan kenyamanan visual. Hasil eksplorasi yang memberikan nilai paling mendekati standar adalah eksplorasi desain jenis *saw tooth*, dengan nilai *daylight factor* 1.1%, persebaran illuminasi paling merata di antara semua eksplorasi dan tidak terjadi silau pada lapangan sepanjang tahun. Berdasarkan hasil eksplorasi, setiap elemen desain yang di eksplorasi akan meningkatkan performa pencahayaan alami yang berbeda tergantung kebutuhan pada bangunan dan aktivitas ruang.sarana yang ada.

Kata Kunci: Pencahayaan alami, bulutangkis, bentang lebar, *daylight factor*, illuminasi, silau, tapak, bangunan, performa pencahayaan alami.

1. PENDAHULUAN

Bangunan Olahraga bulutangkis, merupakan salah satu fungsi bangunan bentang lebar yang sensitif terhadap pencahayaan alami. Terdapat 3 aspek kenyamanan visual yang harus dipenuhi oleh desain pencahayaan pada bangunan olahraga bulu tangkis. 3 aspek tersebut adalah efek silau, *daylight factor*, dan persebaran illuminasi. Efek silau sangat berkaitan dengan olahraga bulu tangkis, karena bulu tangkis merupakan olahraga yang memiliki banyak gerakan melihat keatas akibat kok yang melambung. Standar *daylight factor* pada ruang latihan olahraga bulu tangkis sebesar 2%². Aspek persebaran illuminasi cahaya juga harus dipenuhi, karena bulu tangkis merupakan olahraga yang sangat dinamis, sehingga pemerataan illuminasi cahaya sangat diperlukan pada seluruh ruang permainan. Pemerataan illuminasi yang harus dipenuhi untuk lapangan bulutangkis menurut standar tidak boleh kurang dari 0.7³.

Pada penelitian ini, peneliti bermaksud untuk meneliti pengaruh elemen desain bangunan terhadap performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor*. Aspek performa yang akan di tinjau adalah efek silau, persebaran illuminasi, dan *daylight factor*. Objek studi pada penelitian ini adalah lapangan bulutangkis *indoor* Bumi Pancasona dengan desain bangunan menggunakan roster sebagai awal rencana desain. Saat bangunan sudah dibangun, roster menimbulkan silau pada lapangan bulu tangkis terhadap para pemainnya. Dengan adanya permasalahan silau pada bangunan, pihak manajemen mencoba menyelesaikan masalahnya dengan cara memasang jaring paranet pada interior dinding roster ruang. Dengan dipasangnya jaring paranet, bangunan tidak lagi mengalami silau namun nilai *daylight factor* menurun.

² Lechner 2000

³ SNI 03-3647-1994

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa pencahayaan alami pada lapangan badminton *indoor* dan memberikan alternatif desain pencahayaan alami berdasarkan evaluasi yang di lakukan. Dengan adanya alternatif desain, maka penelitian ini dapat menjadi referensi dalam proses mendesain lubang cahaya pada lapangan bulu tangkis *indoor*.

Penelitian dilakukan dengan cara mengevaluasi performa objek studi dan menganalisa pengaruh elemen tapak dan bangunan terhadap performa pencahayaan alami pada bangunan. Dari evaluasi performa pencahayaan alami pada objek studi, akan diketahui elemen bukaan yang paling berpengaruh terhadap pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis. Elemen desain yang berpotensi meningkatkan performa pencahayaan alami akan di eksplorasi untuk meningkatkan performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis. Untuk pengambilan data, dilakukan observasi lapangan dengan datang langsung ke objek studi dan mendata tapak, bangunan, ruang, dan desain bukaan. Data fisik akan digunakan untuk mensimulasi bangunan pada program komputer. Data fisik akan berupa ukuran, elevasi, material, tekstur, titik pohon dan desain bukaan. Semua elemen fisik tersebut akan sangat berguna untuk observasi lebih lanjut penelitian. Data nonfisik berupa tingkat illuminasi, persebaran illuminasi, efek silau yang terjadi dan pergerakan udara juga dilakukan. Pengukuran tingkat iluminasi dilakukan di dalam arena latihan dan luar bangunan sehingga angka *daylight factor* bisa ditemukan dan performa lubang cahaya eksisting juga dapat diketahui. Data ini digunakan sebagai rujukan dalam pembuatan simulasi komputer, sebagai tolok ukur apakah simulasi komputer memiliki hasil yang mendekati hasil ukur lapangan. Sehingga dapat dipastikan bahwa simulasi komputer yang dilakukan menghasilkan angka yang sesuai dengan kenyataan. Pengukuran tentang perataan distribusi cahaya, dapat diukur dengan pengambilan beberapa titik ruang secara merata yang akan diukur tingkat iluminasinya. Setelah tingkat iluminasi beberapa titik arena pelatihan diambil, didapatkan tingkat iluminasi minimum dan maksimum. Lalu dihitung, apakah tingkat iluminasi yang ada sudah sesuai dengan kebutuhan pencahayaan. Efek silau dicek dengan observasi fisik pada objek, observasi bisa dibantu dengan alat kamera, sehingga jika hasil jepretan kameran memiliki kontras yang sangat tinggi, hal itu dapat menjadi indikasi silau pada ruang. Pergerakan udara diukur dengan alat *hot wire anemometer* untuk mengetahui kecepatan pergerakan udara pada lapangan. Dari semua pengambilan data fisik maupun nonfisik pada objek studi, peneliti akan menganalisa masalah performa pencahayaan alami dan mengidentifikasi elemen desain yang berpotensi meningkatkan performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor* Bumi Pancasona.

Elemen desain yang diidentifikasi akan di eksplorasi lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa pencahayaan alami pada bangunan. Dari eksplorasi yang dilakukan, diharapkan didapat ekplorasi desain yang meningkatkan performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor* Bumi Pancasona Bandung.

2. DESAIN PENCAHAYAAN ALAMI PADA LAPANGAN BULUTANGKIS INDOOR

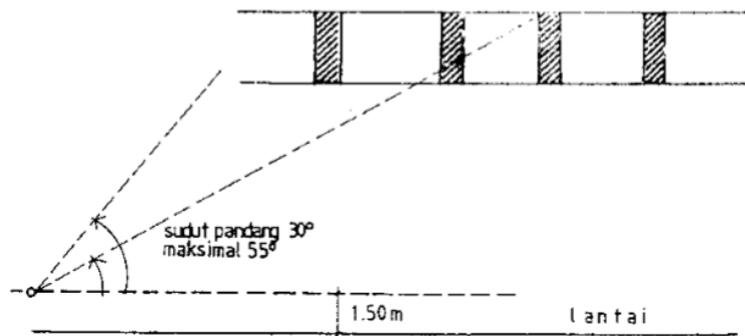
Terdapat 3 (tiga) elemen desain yang berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami yakni; elemen eksterior, elemen dinding dan atap, dan elemen interior⁴, sehingga pengubahan desain pada 3 elemen tersebut akan merubah performa pencahayaan alami pada bangunan.

Bentuk ruang juga sangat berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami, karena iluminasi dan kedalaman cahaya alami akan masuk kedalam bangunan akan bergantung

⁴ Dikutip dari buku Daylight Performance Design

terhadap ketinggian langit-langit, tinggi jendela dan permukaan ruang seperti warna dan tekstur.

Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk mendesain pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor*. Syarat yang harus dipenuhi untuk mendesain pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor* antara lain adalah peletakan lubang cahaya, luasan lubang bukaan, aspek kenyamanan visual, reflektansi cahaya dan elemen desain yang akan di gubah untuk meningkatkan performa pencahayaan. Untuk peletakan lubang cahaya, posisinya harus dalam satu area pada langit-langit sedemikian rupa sehingga sudut yang terjadi antara garis yang menghubungkan sumber cahaya tersebut dengan titik terjauh dari arena setinggi 1,5 m, dan garis horizontalnya minimal 30° untuk bukaan *top lighting* (2), dan 3 meter di atas permukaan lantai untuk posisi bukaan *side lighting*. Pengaturan posisi bukaan lubang cahaya akan sangat berpengaruh untuk meminimalisir potensi silau langsung.



Figur 1.1 Posisi top lighting

Luasan desain bukaan baik untuk penghawaan maupun untuk lubang pencahayaan alami harus bersifat terkontrol pada ruang permainan. Luas bukaan minimum adalah 6% dan maksimum 20% dari luas lantai efektif untuk meminimalisir risiko silau dan ketidaknyamanan termal.

Untuk aspek kenyamanan visual pada lapangan bulutangkis *indoor* terdapat 3 aspek yang harus di penuhi; *Daylight factor*, distribusi iluminasi, dan potensi silau. *Daylight factor* adalah persentase iluminasi cahaya yang masuk kedalam ruang. Dengan *daylight factor* performa lubang cahaya dalam memasukan cahaya kedalam ruang juga bisa diketahui. *Daylight factor* yang cocok dengan gedung olahraga adalah 2%⁵. Cara menghitung *daylight factor*:

$$DF = (E_i/E_o) \times 100 \%$$

E_o = iluminasi luar ruang yang berasal dari langit

E_i = iluminasi yang masuk kedalam ruang

Semakin dalam ruang, *daylight factor* akan semakin berkurang karena jauhnya lubang cahaya. Distribusi iluminasi adalah bagaimana pencahayaan tersebar secara merata ke seluruh titik ruang. Bulutangkis adalah olahraga yang bersifat dinamis sehingga dibutuhkan distribusi iluminasi yang merata untuk kenyamanan visual pemain pada area permainan. Semakin kecil perbedaan antar iluminasi pada seluruh titik ruang, semakin baik distribusi cahaya pada ruang.

Nilai perbandingan yang sesuai antara iluminasi minimum dan maksimum untuk lapangan bulutangkis *indoor* adalah 0.7 ($E_{min} / E_{max} > 0.7$) (4). Aspek silau dalam desain pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis perlu diperhatikan karena aktivitas permainan

⁵ SNI SNI 03-3647-1994

bulutangkis yang banyak melihat keatas akibat kok yang melambung. Bidang dinding dan lantai merupakan bidang interior bangunan yang berpotensi mengakibatkan silau pada pandangan pemain. Terdapat perhitungan yang perlu dilakukan untuk melihat potensi silau yang dapat terjadi pada lapangan bulu tangkis. *Luminance Contrast Ratio* dapat digunakan untuk menghitung efek silau yang akan terjadi. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara;

$$C = LL/LH$$

C= *Luminance Contrast Ratio*

LH= Luminansi Tinggi (cd/m²)

LL= Luminansi Rendah (cd/m²)

Terdapat 2 cara untuk menghitung luminance contrast ratio untuk Gedung olahraga;

Perbandingan antara titik mana pun dalam ruangan yang memiliki luminansi tertinggi dan terendah .Dan ,Perbandingan luminansi antara area objek target (kok, bola, dll), dan luminansi area sekitarnya (dengan sudut pandang 30° di sekitarnya). Nilai *luminance contrast ratio* pada dinding tidak boleh kurang dari 0.01 dan nilai luminance contrast ratio pada lantai tidak boleh kurang dari 0.1 untuk kenyamanan lapangan bulutangkis *indoor*.

Aspek reflektansi permukaan material sangat berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor* ,permukaan material yang kasar atau datar akan menghasilkan refleksi material yang terdifusi. Material yang berkilau dan sangat halus seperti kaca akan menghasilkan refleksi cahaya yang spekular. Kebanyakan permukaan material akan menghasilkan kombinasi refleksi yang spekular dan terdifusi. Terdapat 3 aspek yang sangat mempengaruhi refleksi cahaya; permukaan material, warna material, dan koefisien refleksi (tabel 1).

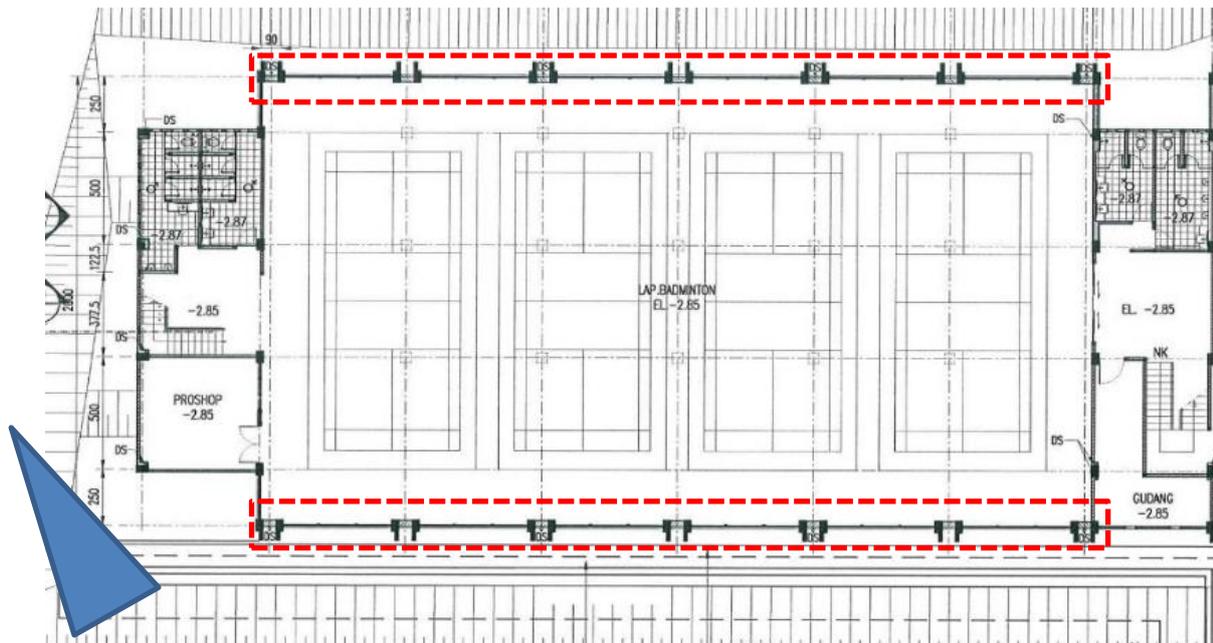
Tabel 1 Koefisien reflektansi cahaya pada permukaan

KOMPONEN	KOEFISIEN REFLEKSI	TINGKAT WARNA
Langit-Langit	0.5 – 0.75	Cerah
Dinding Dalam Arena	0.4 - 0.6	Sedang
Lantai Arena	0.1 – 0.4	Agak gelap

3. DATA

Lapangan bulutangkis *indoor* pada Bumi Pancasona *sport center* terletak di lantai 2 massa bangunan. Tidak terdapat bangunan pada area utara dan selatan lapangan bulutangkis. Hal ini menyebabkan tidak terhalangnya pencahayaan yang masuk kedalam ruang.

Penggunaan material pada fasad bangunan menggunakan material yang bersifat masif dengan warna cat putih, dan roster beton ekspos. Material yang bersifat masif tidak dapat mentransmisi cahaya, sehingga cahaya yang masuk kedalam bangunan merupakan cahaya yang berasal dari celah lubang roster saja. Warna cat yang terang juga memberikan efek terhadap performa pencahayaan pada bangunan, material dengan permukaan cat yang terang akan memiliki daya refleksi cahaya yang lebih tinggi.



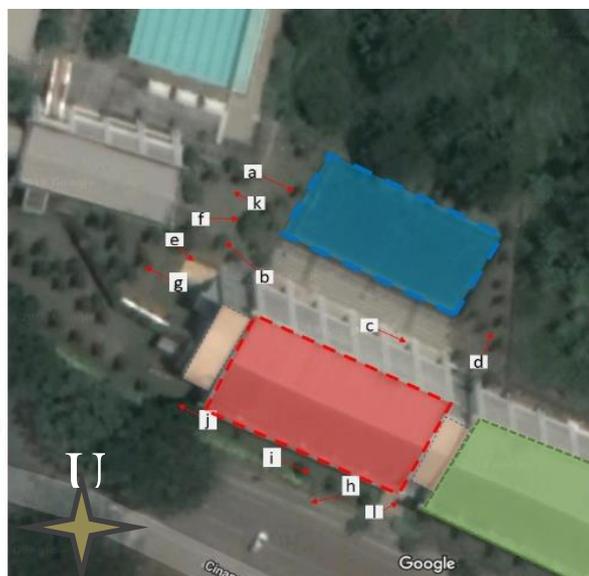
Gambar 1 lokasi bukaan

Lapangan *indoor* memiliki 4 lapangan bermain dengan sistem penerangan campuran antara pencahayaan alami dan buatan. Bukaan lubang cahaya untuk sistem pencahayaan alami berupa roster yang mengarah ke arah utara, dan selatan tapak. Dari gambar denah, terlihat bahwa lapangan bulutangkis di repetisi ke arah timur dan barat, sehingga para pemain bermain dengan mengarah utara selatan. Dengan begitu, pemain langsung menatap kearah lubang cahaya yang terdapat pada ruangan. Dengan bertabraknya arah pandang pemain dan arah datang cahaya, potensi silau dan ketidak nyamanan visual dapat terjadi.

Bagian utara bangunan terdapat lapangan futsal *outdoor* yang dilengkapi dengan tribun penonton, dengan vegetasi di sekelilingnya. Bagian selatan bangunan merupakan pagar batas tapak dengan deretan pohon setinggi 2.5- 3.5 meter yang langsung berbatasan dengan jalan raya. Area Barat dan timur bangunan merupakan masa servis bangunan dan masa lapangan basket indoor.

Legenda

-  Titik Pandang
-  Arah Pandang
-  Lapangan Futsal
-  Bangunan Lapangan Bulutangkis
-  Masa Servis Bangunan
-  Bangunan Lapangan Basket



Gambar 2 kondisi sekitar objek studi

Material pada tapak akan berpengaruh terhadap refleksi cahaya alami ke dalam bangunan. Area tapak yang memiliki nilai reflektansi lebih besar akan merefleksikan cahaya lebih banyak ke dalam bangunan daripada area tapak yang memiliki refleksi cahaya lebih kecil. Dilakukan pendataan reflektansi permukaan tapak (tabel 2).

Tabel 2 Nilai reflektansi permukaan tapak

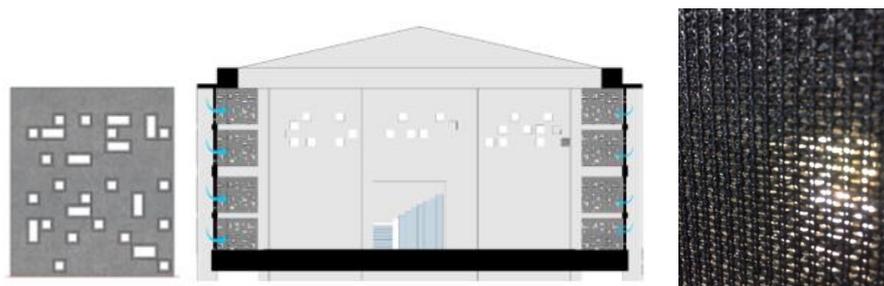
No	Lokasi Material	Nama Material	Reflektansi %
1	Jalanan Selatan Tapak	Aspal	10
2	Tribun lapangan Futsal	Beton	50
3	Sekitar Bangunan	Rumput	35
4	Vegetasi	Pohon 3-4 m	25
5	Selatan Bangunan Teras Antara Masa Lapangan Basket dan Badminton	Tegel Beton	60
6	Utara Bangunan	Rumput Sintetis Futsal	30

Nilai reflektansi permukaan interior juga sangat berpengaruh terhadap performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis *indoor*. Pada penelitian ini, peneliti meneliti tentang nilai reflektansi pada permukaan interior lapangan sebagai penunjang penelitian (tabel 3)

Tabel 3 Nilai reflektansi permukaan eksterior

No	Lokasi Material	Nama Material	Reflektansi %
1	Langit Langit	Aluminium	70
2	Dinding	Cat Abu Abu	40
3	Lantai Lapangan	Epoxy Hijau	70
4	Lantai Sirkulasi	Keramik Abu Abu Matte	20
5	Bukaan Lubang Cahaya	Jaring Hitam	8
6	Roster Dinding	Beton	45

Desain bukaan eksisting pada lapangan bulutangkis bumi pancasona bersifat *side lighting*. Bukaan terletak di seluruh dinding utara dan selatan bangunan. Jenis bukaan yang digunakan bersifat modular dengan bentuk roster. Modul roster menggunakan material beton dengan ketebalan 12.5 cm. Lubang cahaya pada modul roster, memiliki 11% luas bukaan terhadap luas lantai bangunan.

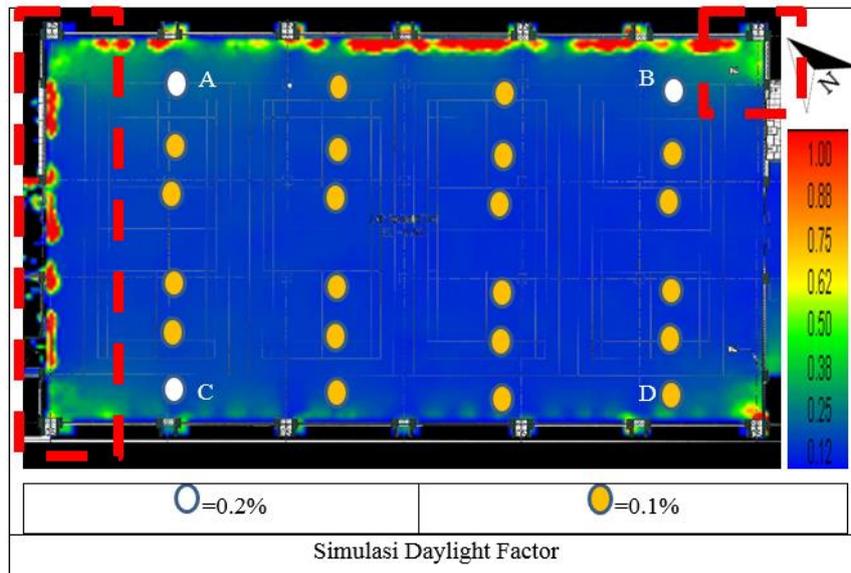


Gambar 3 detail roster dan jaring lubang cahaya

Lubang bukaan pada modul roster bersifat terbuka sehingga cahaya matahari dan udara dapat masuk ke dalam lapangan. Terdapat jaring paranet yang menutup area lubang cahaya. penambahan paranet di lakukan karena efek silau yang terjadi akibat bukaan roster. Paranet yang ditambahkan mereduksi 70% cahaya matahari yang masuk.

4. PENGARUH ELEMEN TAPAK DAN BANGUNAN TERHADAP PERFORMA PENCAHAYAAN ALAMI PADA LAPANGAN BULUTANGKIS INDOOR BUMI PANCASONA

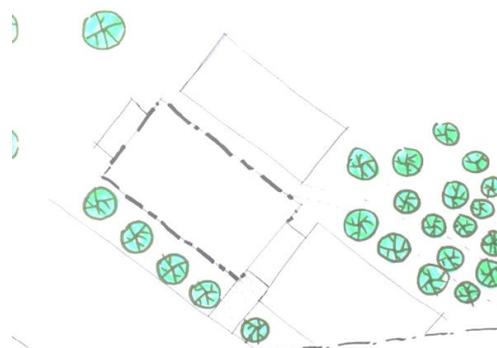
4.1 DAYLIGHT FACTOR



Gambar 4 Persebaran daylight factor

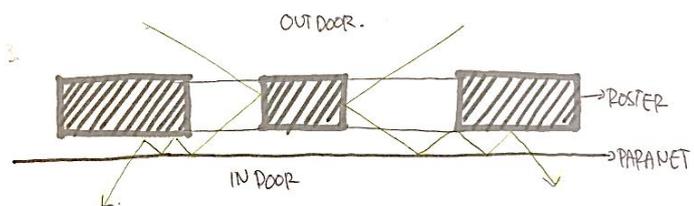
Fasad bangunan di dinding selatan dan utara memiliki bentuk dan susunan lubang cahaya yang sama, namun *daylight factor* pada bagian dekat bukaan dinding utara dan selatan tidak memiliki nilai yang seragam, sehingga ke tidak seragaman nilai *daylight factor* merupakan akibat dari faktor luar bangunan.

Faktor luar bangunan yang mempengaruhi nilai *daylight factor* adalah faktor tapak. Elemen penghalang berupa pohon berpengaruh terhadap nilai *daylight factor* pada lapangan bulutangkis. Pohon di sekitar bangunan berperan mereduksi *daylight factor* pada lapangan bulutangkis, sehingga cahaya yang masuk kedalam lapangan akan terefleksi terlebih dahulu pada pohon dan permukaan tapak dan intensitas cahaya yang masuk kedalam bangunan sudah tereduksi.



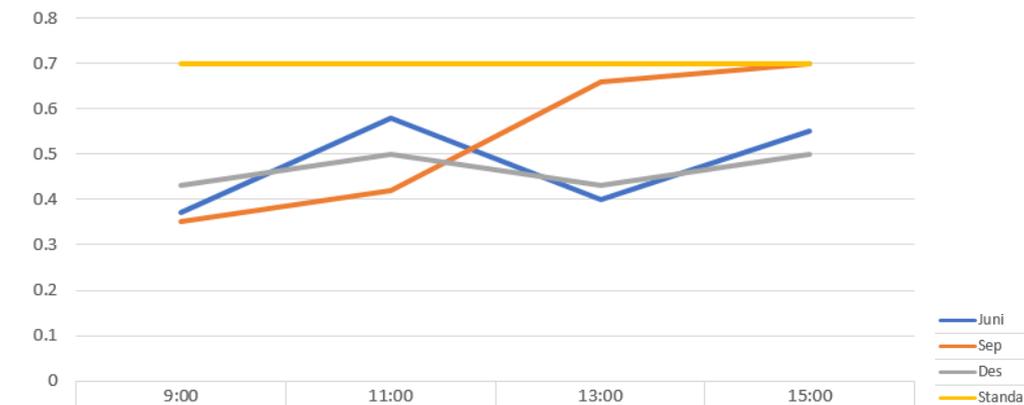
Gambar 5 titik pohon sekitar bangunan

Selain faktor luar bangunan, faktor dalam bangunan juga ikut berpengaruh terhadap performa *daylight factor* pada objek studi. Faktor bangunan yang mempengaruhi performa *daylight factor* antara lain adalah; ketebalan roster, elemen jaring pada interior bangunan, presentase luas bukaan, dan nilai reflektansi permukaan ruang. Ketebalan roster memberikan bidang pantul cahaya alami yang masuk, sehingga cahaya yang masuk ke dalam ruang dan terpantul pada permukaan ketebalan roster akan tereduksi intensitas cahayanya. Elemen jaring pada interior bangunan memiliki spesifikasi teknis 70% berperan sebagai bidang pantul cahaya sebelum memasuki lapangan. Warna hitam pada jaring juga mereduksi cahaya yang masuk ke dalam bangunan. Presentase luas bukaan lubang cahaya pada bangunan sebesar 11% luas lantai masih bisa diperbesar hingga 20% untuk mendapatkan nilai *daylight factor* yang optimum.



Gambar 6 pantulan cahaya pada roster

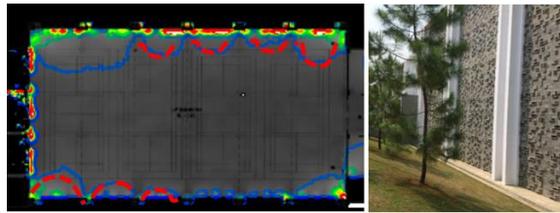
4.2 PERSEBARAN ILLUMINASI



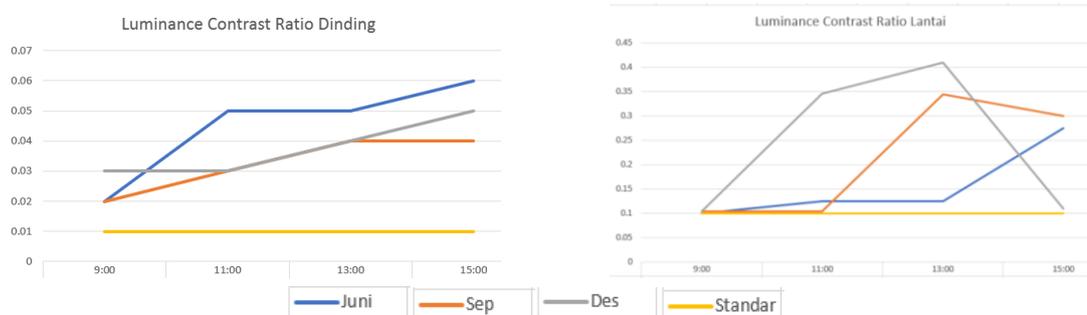
Gambar 7 grafik persebaran iluminasi

Persebaran iluminasi pada lapangan belum mencapai standar persebaran yang berlaku dengan kontras iluminasi 12 lux untuk nilai tertinggi dan 7 lux untuk nilai terendah. Pada grafik, persebaran iluminasi pada bulan september pada jam 13:00 paling tinggi karena matahari berada paling dekat dengan bangunan pada kondisi tersebut, namun cahaya yang masuk ke dalam bangunan merupakan cahaya hasil refleksi elemen bangunan dan sekitarnya sehingga cahaya lebih bersifat merata karena bukan cahaya langsung yang masuk ke dalam bangunan.

Persebaran iluminasi juga dipengaruhi oleh faktor bangunan. Semakin menjauhi sirip, penetrasi cahaya ke dalam bangunan juga semakin dalam, karena elemen sirip vertikal eksterior di sekeliling bangunan yang berperan sebagai elemen refleksi bangunan.

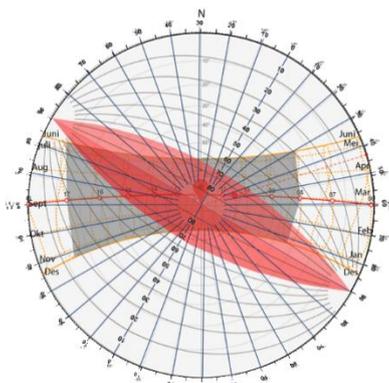


4.3 EFEK SILAU



Gambar 8 grafik luminance contrast ratio keadaan eksisting

Tidak terjadi silau pada lapangan bulutangkis, hal ini mungkin terjadi karena lapangan bulu tangkis sudah di tutupi oleh jaring paranet pada interior ruang, sehingga cahaya yang masuk ke dalam bangunan tereduksi dan tidak terjadi kontras yang tinggi antara lubang cahaya dan sekitarnya.



Gambar 9 Solar Chart keadaan fasad utara selatan



Gambar 10 fasad selatan

Dilakukan perhitungan dengan menggunakan *solar chart* untuk mengetahui peran fasad terhadap efek silau yang terjadi. Pada *solar chart* terlihat bahwa fasad bagian selatan butuh pembayangan lebih banyak daripada fasad bagian utara bangunan, namun dengan adanya elemen eksterior pada selatan tapak berupa jajaran pohon, intensitas cahaya pada area selatan tereduksi dan bangunan tidak mengalami silau dari fasad selatan bangunan.

4.4 TEMUAN

Dari analisa yang sudah dilakukan oleh peneliti, ditemukan terdapat variabel yang berpengaruh terhadap pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis Bumi Pancasona (Tabel 5).

Legenda

1 = Berpengaruh Kecil
2= Berpengaruh Besar

+ = Berpengaruh Baik
- = Berpengaruh Buruk
X= Tidak Berpengaruh

Variabel	Besar Pengaruh	Silau	Distribusi	DF	Keterangan
Ketebalan Roster	1	+	-	-	
Posisi lubang cahaya	3	-	-	+	Posisi lubang cahaya juga sangat berpengaruh terhadap masuknya cahaya alami. Dinding roster memiliki ketebalan yang sama, namun tidak memiliki kontribusi pencahayaan alami yang sama kedalam lapangan . Dengan posisi lubang cahaya yang baik, cahaya alami yang masuk kedalam lapangan menjadi lebih optimal. Eksperimen posisi bukaan side lighting , dan top lighting dapat dilakukan untuk meningkatkan iluminasi lapangan indoor bulutangkis. Bangunan eksisting menggunakan sistem pencahayaan side lighting saja di sekeliling bangunan. Namun terbukti sistem pencahayaan side lighting tidak mencukupi daylight factor 2%. Eksperimen penggunaan top lighting dapat meningkatkan iluminasi bangunan untuk meningkatkan daylight factor bangunan.
Presentase Luas Bukaan	2	-	x	+	Presentase luas lubang cahaya eksisting merupakan 11%, besar lubang cahaya masih bisa dioptimalkan hingga 20% luas lantai. Dengan desain yang baik dan ukuran lubang cahaya yang optimal, illuminasi cahaya akan bertambah.
Orientasi Bukaan	1	+	x	x	
Sirip Vertikal Eksterior	1	x	+	x	
Reflektansi Interior	1	x	+	x	
Jaring	3	+	-	-	Karena menurut teori, pemasangan jaring cukup pada 3 meter dari lantai, dimana pada keadaan eksisting cukup pada 2 modul bawah dari lantai saja jika ingin mengurangi silau .

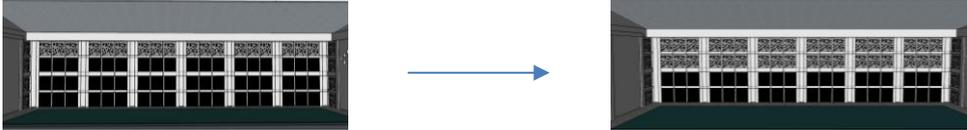
Dengan analisa temuan diatas, dapat disimpulkan bahwa elemen jaring, lokasi bukaan dan kuatitas bukaan sangat berpengaruh terhadap performa bukaan dan pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis.

5. EKSPLORASI DESAIN BUKAAN PENCAHAYAAN ALAMI UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA PENCAHAYAAN ALAMI

Alternatif desain yang diajukan adalah rekomendasi yang dapat meningkatkan performa pencahayaan alami pada bangunan. Berdasarkan analisis di bab sebelumnya, terdapat

tiga aspek dominan yang mempengaruhi pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis indoor Bumi Pancasona. Ketiga aspek tersebut adalah; peletakan lubang cahaya, elemen jaring pada bukaan dan, presentase luas bukaan. Terdapat beberapa pertimbangan dalam mendesain sebuah lubang cahaya. Berdasarkan beberapa referensi yang terdapat pada bab 2, maka perencanaan desain bukaan akan disesuaikan sehingga cahaya alami yang masuk tidak mengganggu aktivitas permainan bulutangkis yang terdapat di lapangan.

Tabel 4 Penjabaran elemen desain yang di eksplorasi

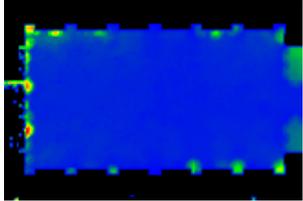
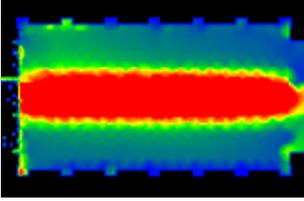
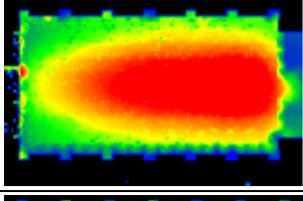
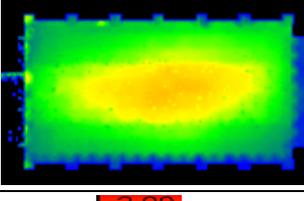
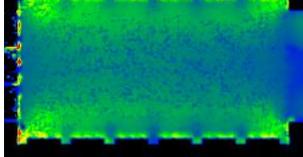
Aspek	Referensi
Elemen Jaring Pada Bukaan	<p>Pada keadaan eksisting, jaring paranet di pasang pada interior bangunan untuk menutupi bukaan hingga setinggi 5,8 meter dari lantai. Menurut referensi, dinding dengan ketinggian 3 meter dari lantai tidak boleh ada bukaan untuk pencahayaan alami maupun untuk penghawaan.</p> <p>(Sportsotland & SNI). Berdasarkan referensi tersebut peneliti akan tetap mematuhi dengan tidak membuka jaring paranet 3 meter dari lantai ,namun akan mencoba membuka jaring paranet yang terletak pada ketinggian diatas 3 meter karena dapat berpotensi meningkatkan performa pencahayaan alami pada ruang.</p>
<p>Implementasi: Membuka sebagian jaring yang dianggap tidak perlu berdasarkan hitungan dari referensi yang sudah ada.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Presentase Luas Bukaan	<p>Besar lubang cahaya tidak lebih sedikit dari 6% dan tidak lebih besar dari 20% luas lantai. Lubang cahaya eksisting pada bangunan memiliki presentase 11% dari luas lantai. Luas bukaan eksisting sudah mencukupi referensi yang berlaku, namun presentase luasan yang lebih besar berpotensi meningkatkan performa pencahayaan alami pada bangunan.</p>
<p>Implementasi: Peneliti akan memperlebar lubang cahaya eksisting sampai dengan ketentuan yang ada pada referensi tanpa merubah karakter roster eksisting.</p>	
Lokasi Lubang Cahaya	<p>Terdapat 3 jenis Top Lighting; saw tooth, roof monitor, skylight.</p> <p>Menurut referensi untuk peletakan lubang cahaya, posisinya harus dalam satu area pada langit-langit sedemikian rupa sehingga sudut yang terjadi antara garis yang menghubungkan sumber cahaya tersebut dengan titik terjauh dari arena setinggi 1,5 m, dan garis horizontalnya minimal 30'. (SNI)</p>
<p>Implementasi: Desain bukaan pada eksisting bangunan menggunakan tipe side lighting dan tidak ada top lighting sama sekali. Implementasi desain yang diambil adalah merencanakan desain bukaan top lighting dan mensimulasikan performanya untuk mengetahui performa kinerja bangunan eksisting dengan tambahan bukaan top lighting.</p>	

Pada eksplorasi posisi jaring, terdapat modul jaring yang dihilangkan pada interior lapangan sehingga cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan menjadi lebih besar, dan hasilnya nilai *df* naik menjadi 0.2%, persebaran illuminasi yang kurang merata dan tidak terjadi silau pada bangunan. Pada eksplorasi luas bukaan, lubang cahaya pada fasad bangunan di perbesar secara bertahap dari keadaan eksisting 11%, menjadi 14%, 17%, hingga batas maksimum standar luas bukaan pada lapangan bulutangkis 20%. Hasil performa pencahayaan alami meningkat berbanding lurus dengan meningkatnya luas bukaan pada lapangan. Hasil simulasi menunjukkan nilai daylight factor yang meningkat dari keadaan eksisting 0.1% hingga menjadi 0.5%, tidak terjadi silau namun masih belum tersebar dengan meratanya illuminasi. Dilakukan juga eksplorasi posisi desain bukaan top lighting. Pada eksplorasi posisi bukaan *top lighting*, dilakukan 3 alternatif desain bukaan. skylight, roof monitor, dan saw tooth (1). Peneliti mengambil 3 bentuk dasar top lighting tersebut untuk di simulasikan dan diperbanding

performanya. Luas ketiga bukaan pada eksplorasi toplighting adalah 9% dari luas lantai, sehingga dari keadaan eksisting bangunan memiliki luas side lighting 11% luas lantai, penambahan 9% luas lubang cahaya pada posisi atap diharapkan mencapai kondisi optimum bukaan 20% dari luas lantai. Dari ketiga desain lubang cahaya *top lighting* yang di eksplorasi, masing masing eksplorasi memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing. Dengan luas bukaan yang sama, eksplorasi desain bukaan *skylight* memiliki keunggulan dalam meningkatkan *daylight factor* hingga 1.4%, namun terjadi persebaran illuminasi yang kurang merata dan efek silau yang ditimbulkan. Pada eksplorasi desain *roof monitor*, nilai *daylight factor* meningkat hingga 1.3%, dan tidak terjadi silau, namun persebaran illuminasi masih kurang merata pada eksplorasi desain ini. Pada eksplorasi desain bukaan *saw tooth*, peningkatan nilai *daylight factor* hingga 1.1% tidak setinggi eksplorasi *skylight* dan *roof monitor*, namun persebaran illuminasi menjadi lebih merata dan tidak ada efek silau yang ditimbulkan. Hal ini menyatakan bahwa setiap eksplorasi desain akan meningkatkan aspek berbeda pada performa pencahayaan alami, tergantung performa pencahayaan alami apa yang butuh ditingkatkan pada bangunan.

5.1 DAYLIGHT FACTOR

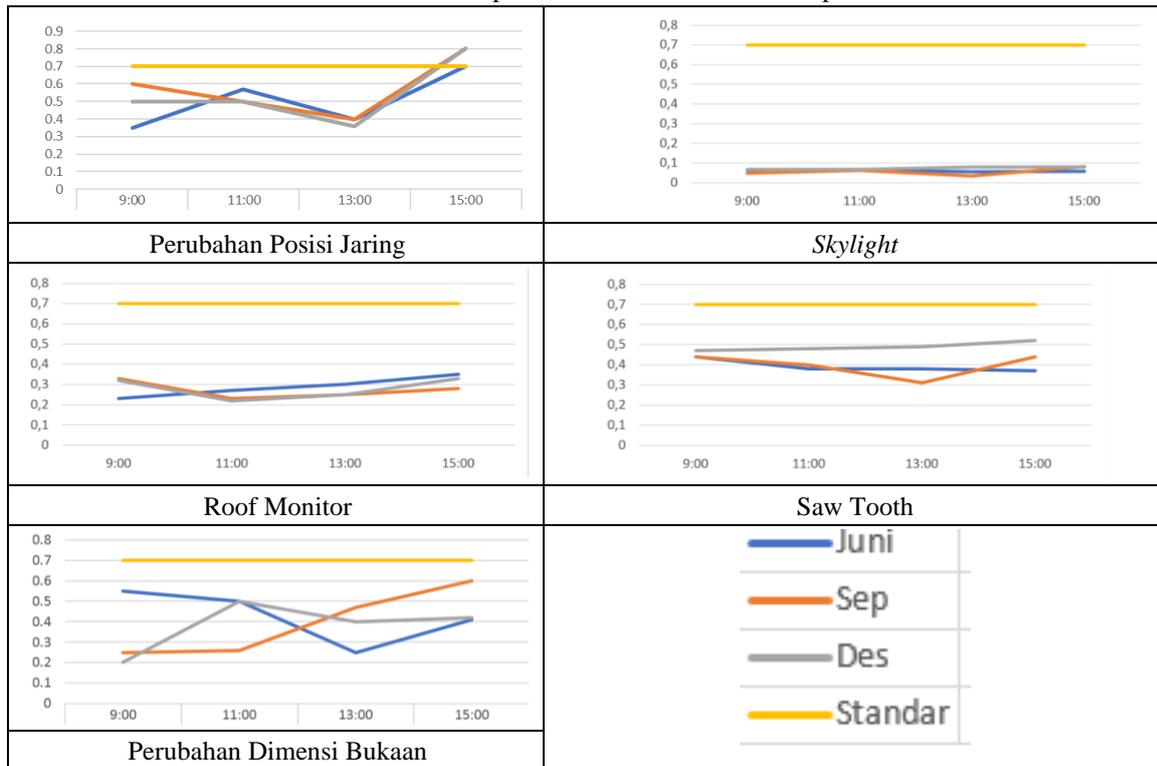
Tabel 5 Perbandingan nilai daylight factor hasil eksplorasi

Hasil Simulasi DF	Keterangan	Hasil Simulasi DF	Keterangan
	Perubahan Posisi Jaring DF:0.2%		<i>Skylight</i> DF: 1.4%
	<i>Roof Monitor</i> DF: 1.3%		<i>Saw Tooth</i> DF: 1.1%
	Perubahan Dimensi Bukaan DF:0.5%		

Berdasarkan gambar diatas, eksplorasi yang meningkatkan nilai *daylight factor* dengan baik adalah penambahan elemen bukaan pada atap berupa *top lighting* dengan jenis *skylight*, *roof monitor*, dan *saw tooth*. Peningkatan *daylight factor* terbesar terjadi pada *top lighting* jenis *skylight*.

5.2 PERSEBARAN ILLUMINASI

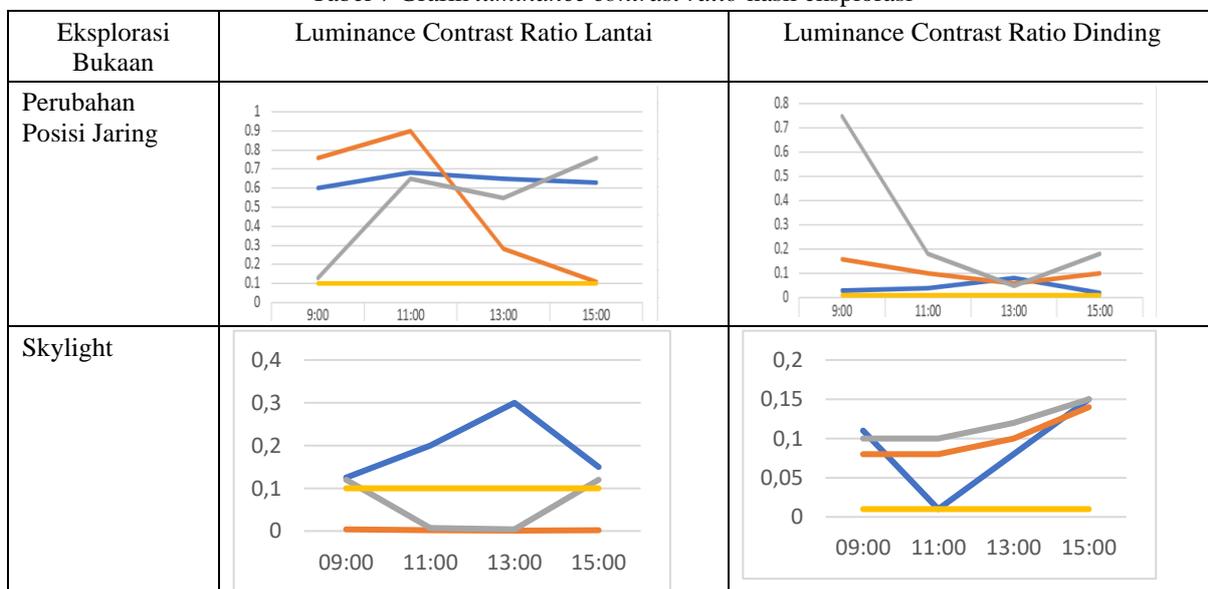
Tabel 6 Grafik persebaran illuminasi hasil eksplorasi

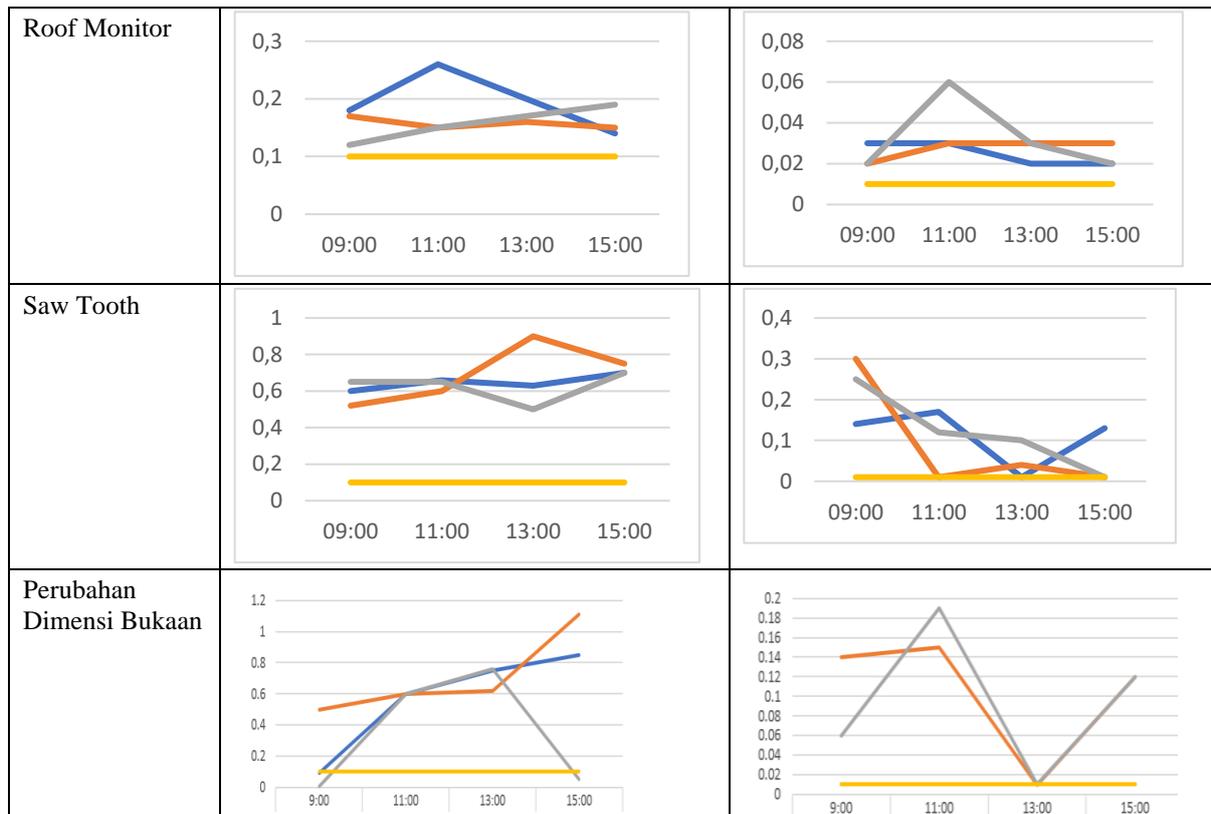


Berdasarkan tabel perbandingan diatas, performa persebaran illuminasi sangat sulit untuk dipenuhi. Namun diantara beberapa eksplorasi desain yang dilakukan oleh peneliti, Desain lubang cahaya *saw tooth* memiliki performa persebaran iluminasi yang paling baik diantara 5 eksplorasi yang dilakukan.

5.3 SILAU

Tabel 7 Grafik *luminance contrast ratio* hasil eksplorasi





Berdasarkan eksplorasi desain yang dilakukan oleh peneliti, hampir semua eksplorasi memiliki nilai persebaran iluminasi yang baik. *Skylight* merupakan satu satunya eksplorasi desain yang menimbulkan silau karena cahaya langsung yang masuk kedalam bangunan melalui atap.

Tabel 8 Kesimpulan eksplorasi

	Daylight Factor	Persebaran Illuminasi	Silau	Nilai
Perubahan Posisi Jaring	1	1	2	4
Skylight	2	1	1	4
Roof Monitor	2	1	2	5
Saw Tooth	2	2	2	6
Perubahan Dimensi Bukaannya	1	1	2	4

Legenda

- 1= Tidak meningkatkan DF hingga 10x, Persebaran Illuminasi Tidak merata, Silau
- 2= Meningkatkan DF hingga 10x, Persebaran Illuminasi merata, Tidak Silau.

Dengan dilakukannya eksplorasi desain mengenai desain lubang cahaya, ditemukan bahwa lubang cahaya yang paling berpengaruh dalam meningkatkan performa pencahayaan alami pada lapangan bulutangkis indoor Bumipancasona adalah penambahan lubang cahaya jenis *saw tooth* pada objek studi.

6. KESIMPULAN

Tabel 9 penjabaran perubahan keadaan eksisting dan eksplorasi

No	Jenis Eksplorasi Bukaannya		Daylight Factor (%)	Persebaran Illuminasi	Efek Silau
1	Terdapat modul jaring yang dihilangkan pada interior lapangan sehingga cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan menjadi lebih besar		nilai <i>daylight factor</i> naik dari 0.1% menjadi 0.2% .	Persebaran illuminasi kurang merata	Tidak terjadi silau pada bangunan
2	Pada eksplorasi luas bukaan, lubang cahaya pada fasad bangunan di perbesar secara bertahap dari keadaan eksisting 11%, menjadi 14%, 17%, hingga batas maksimum standar luas bukaan pada lapangan bulutangkis 20%.		Nilai <i>daylight factor</i> yang meningkat dari keadaan eksisting 0.1% hingga menjadi 0.5%.	Persebaran illuminasi belum merata	Tidak terjadi silau pada lapangan
3	<i>Top Lighting</i>	<i>Skylight</i>	Nilai <i>daylight factor</i> naik dari 0.1% hingga 1.4%	Persebaran tidak merata	Terjadi silau pada permukaan lantai.
4		<i>Roof monitor</i>	Nilai <i>daylight factor</i> naik dari 0.1% hingga 1.3%	Persebaran illuminasi masih kurang merata	Tidak terjadi silau
5		<i>Saw tooth</i>	Nilai <i>daylight factor</i> naik dari 0.1% hingga 1.1%	Persebaran illuminasi lebih merata dari eksplorasi <i>roof monitor</i> dan <i>skylight</i>	Tidak terjadi silau

Dari ekplorasi desain yang dilakukan, ditemukan bahwa peningkatan tertinggi performa pencahayaan alami tidak terjadi pada 1 alternatif desain bukaan. Setiap eksplorasi memiliki peningkatan pada minimum satu aspek performa pencahayaan alami dan tidak maksimal pada aspek performa yang lainnya. Hal ini menyatakan bahwa setiap eksplorasi desain akan meningkatkan aspek berbeda pada performa pencahayaan alami, tergantung performa pencahayaan alami apa yang butuh ditingkatkan pada bangunan. Namun dalam kasus penelitian ini, eksplorasi yang paling meningkatkan performa dalam segala aspek adalah eksplorasi *top lighting* jenis *saw tooth*.

7. PENUTUP

Pada penelitian ini tipe bukaan *top lighting* yang sudah di ekplorasi terbukti meningkatkan nilai *daylight factor* secara signifikan pada lapangan bulutangkis *indoor* Bumi Pancasona. Dari semua ekplorasi yang di lakukan, belum ada ekplorasi yang memenuhi standar minimum *daylight factor* lapangan bulutangkis, yaitu 2%. Dengan memaksimalkan presentase bukaan *top lighting* dan dikombinasikan dengan tipe bukaan *side lighting* maka peningkatan performa pencahayaan alami hingga mencapai standar yang ditentukan untuk kenyamanan lapangan bulutangkis dapat dicapai.

8. ACUAN

- LECHNER, Norbert. 2000. *Heating, Cooling and Lighting: Design Methods for Architects*. New York: Wiley.
- DING, Fei. 2017. *Daylight integration and visual comfort in sports halls in Norway*. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Design.
- RUCK, Nancy. 2000. *Daylight in Building*, Berkley, Lawrence Berkeley National Laboratory sportsotland. 1990. *Understanding Daylighting of Sports Halls*. <https://sportsotland.org.uk/documents/resources/understandingdaylightsc.pdf>. [Accessed 30 August 2018].
- SNI 03-3647-1994, 1990, *Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga*, Bandung, yayasan LPMB.