

Optimasi Sistem Pencahayaan Buatan Pada Gedung Olahraga Hoki Di Kota Administrasi Jakarta Selatan

Lailatul Isnaeni¹, Hari Hadi Santoso^{1*}, Erna Kusuma Wati¹

¹Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jl. Sawo Manila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta Selatan – Jakarta 12520

*Korespondensi penulis: harihadi66@yahoo.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang pencahayaan di gedung olahraga A dan gedung olahraga B di daerah Jakarta Selatan dengan metode pengukuran langsung dan menggunakan simulasi DIALux 4.13 berdasarkan SNI 03-3647-1994, SNI 03-6575-2001, dan Facilities Design Guidance Sports Lighting for Non-Televised Hockey 2018. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi nilai iluminasi dan melakukan optimalisasi pada gedung olahraga yang digunakan untuk olahraga hoki ruangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil nilai pengukuran dengan standard pencahayaan. Pengukuran dilakukan pada malam hari saat gedung olahraga menggunakan lampu sebagai penerangan. Gedung olahraga A diperoleh nilai iluminasi sebesar 25.4 Lux, reflektansi lantai 28.6%, reflektansi dinding 31.6%. Gedung olahraga B diperoleh nilai iluminasi sebesar 46,2 Lux, reflektansi lantai 26.9%, reflektansi dinding 52.1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat iluminasi di gedung olahraga A maupun B belum memenuhi kondisi ideal sebesar 200 Lux, sehingga diperlukan optimalisasi pada kedua gedung olahraga tersebut. Setelah dilakukan optimalisasi peningkatan angka reflektansi lantai dan dinding, penggantian jenis lampu pada gedung olahraga A diperoleh 202 Lux dan 215 Lux sedangkan pada gedung olahraga B diperoleh 208 Lux dan 217 Lux. Untuk 6 buah lampu jenis fluoresent pada gedung Olahraga A menghasilkan 232 Lux, dan 9 buah lampu jenis fluoresent pada gedung olahraga B menghasilkan 218 Lux.

Kata kunci: Simulasi pencahayaan, gedung olahraga, iluminasi, jenis lampu, DIALux

PENDAHULUAN

Aktivitas olahraga pada sebuah gedung yang dilakukan pada malam hari atau gedung olahraga tertutup tentu nya harus menggunakan penerangan dengan lampu yang cukup sehingga tercipta aktivitas yang maksimal didalamnya. Cahaya memiliki peranan penting baik dari segi keamanan, kesehatan, kenyamanan, maupun estetika visual bangunan[1]. Dengan fasilitas yang seharusnya didapatkan untuk kegiatan olahraga hoki, peneliti ingin mengetahui pencahayaan yang ada pada lapangan olahraga gedung tersebut. Berdasarkan peraturan tentang penggunaan lapangan hoki dan tingkat pencahayaannya, selain memiliki standar ukuran lapangan, olahraga hoki juga memiliki standar penerangan dalam ruangan dengan menggunakan pencahayaan buatan (lampu), 200 Lux adalah nilai iluminasi rata-rata yang direkomendasikan[18].

Penelitian dilakukan pada dua Gedung Olahraga yang berada diwilayah Jakarta Selatan yang digunakan untuk olahraga hoki, yaitu Gedung Olahraga A dan Gedung Olahraga B. Penelitian ini juga dilakukan pada saat ruangan menggunakan bantuan cahaya buatan pada saat malam hari. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis dan optimasi untuk mencapai standar pencahayaan gedung olahraga sesuai dengan SNI dengan menggunakan software DIALux. Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk menentukan nilai iluminasi cahaya di dalam gedung adalah Luxmeter.

Lampu merupakan salah satu sumber pencahayaan buatan. Dalam pemakaiannya terdapat kelemahan dan kelebihan pula[10]. Kelebihan utama pencahayaan buatan, antara lain: (i).

Manusiadapat mengontrol pencahayaan buatan; (ii). Merupakan sumber cahaya yang dapat hidup selama 24 jam dan tidak akan berubah intensitasnya jika pengguna tidak menginginkannya; (iii). Dapat menciptakan suasana ruangan yang ingin dicapai oleh perancangnya melalui variasi warna dan distribusi cahaya.

Kelemahan dari pencahayaan buatan adalah dari segi biaya yang harus dikeluarkan dibandingkan jika memanfaatkan dari pencahayaan alami, yaitu dari segi pembelian, perawatan dan biaya dari listrik itu sendiri. Penggunaan pencahayaan yang tidak tepat dapat mengubah detail rancangan yang sebenarnya memiliki kesan mahal dan menarik menjadi bentuk-bentuk yang berarti. Warna sumber cahaya dapat menimbulkan kesalahan informasi visual terhadap objek yang diterangi apabila pemilihannya tidak tepat.

Kuat pencahayaan atau iluminasi adalah kuantitas cahaya pada level pencahayaan/permukaan tertentu, atau dengan kata lain iluminasi adalah jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan tertentu. Satuannya adalah lux. Dirumuskan seperti pada persamaan (1).

$$E = \frac{\phi}{A} \tag{1}$$

Reflektansi merupakan perbandingan antara cahaya yang dipantulkan oleh suatu benda yang dinyatakan dalam persen. Skala reflektansi cahaya adalah antara 0 dan100%, yaitu dari warna hitam ke warna putih[14]. Suatu objek dengan angka reflektansi yang tinggi lebih efisien dalam menghemat energi dan mendistribusikan cahaya secara merata.

Dinding-dinding, lantai dan langit-langit yang berwarna gelap dapat menurunkan efektivitas dari instalasi sebanyak 50%. Berikut merupakan tabel nilai pantulan yang dianjurkan oleh Illuminating Engineering Society (IES) :

TABEL 1. Rekomendasi Nilai Reflektansi menurut IES

Deskripsi	Reflektansi (%)
Langit-langit	80-90
Dinding	40-60
Meubel	25-45
Mesin, alat	30-50
Lantai	20-40

Untuk menentukan besar nilai reflektansi dengan persamaan (2).

$$\text{Reflektansi} = \frac{\text{sinar pantul}}{\text{sinar datang}} \times 100\% \tag{2}$$

Lampu fluoresen adalah cahaya yang dihasilkan oleh pendaran bubuk fosfor yang melapisi bagian dalam tabung lampu. Fosfor tersebut berpendar karena menyerap gelombang pendek cahaya ungu-ultra sebagai akibat lecutan listrik. Pada desain pencahayaan ruang, lampu fluoresent banyak digunakan untuk menghasilkan pencahayaan merata untuk memenuhi kebutuhan fungsional berbagai aktivitas. Cahaya putih jernih yang merata yang dihasilkan dengan kecenderungan untuk tidak mempengaruhi warna benda, membuat lampu fluoresent mampu menampilkan objek visual dengan sangat baik[15]. Pada lampu fluoresent cahaya tampak yang dihasilkan cukup baik, juga inframerah dan ultra violet cukup rendah sehingga panas dan radiasi yang ditimbulkan tidak terlalu tinggi [16]. Lampu fluoresent sangat baik digunakan untuk pencahayaan dalam ruang.

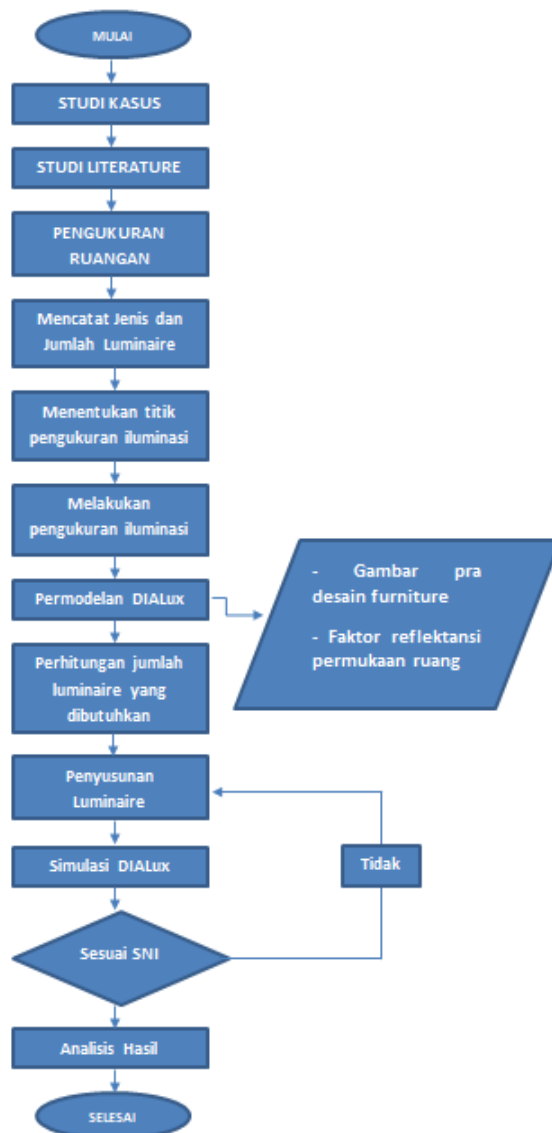
Lampu LED (Light Emmiting Diode) merupakan suatu produk diode pancaran cahaya (LED) yang disusun menjadi sebuah lampu[15]. Lampu LED merupakan penciptaan jenis lampu baru yang memiliki usia yang sangat panjang dengan konsumsi daya listrik yang kecil. Diantara kelebihan dari lampu LED selain hal tersebut adalah memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, yaitu 80-90 lm/watt dan mencapai umur 20.000-60.000 jam, tersedia dalam berbagai macam warna serta lampu yang hemat energi. Adapun kelemahan dari lampu LED adalah biaya nya yang mahal dan kualitas cahaya yang dihasilkan tidak begitu tinggi[10].

Software DIALux

DIALux merupakan program tata cahaya alami dan buatan yang berkembang pesat dan memenuhi kebutuhan informasi ternologi lampu terkini, memiliki kemampuan membuat laporan teknis otomatis serta memiliki kemampuan visual rendering yang terus ditingkatkan [1]. DIALux merupakan metode radiosity dalam melakukan komputasi distribusi penyebaran cahaya [17]. Radiosity adalah algoritma iluminasi global yang digunakan dalam permodelan grafis 3D rendering untuk menyelesaikan intensitas pada titik diskrit dalam sebuah skema.

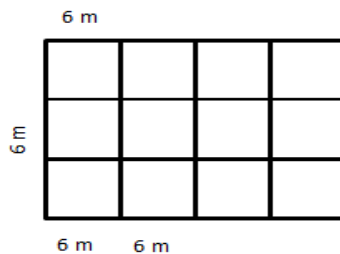
METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian merupakan tahapan penelitian dari awal melakukan sebuah studi kasus, proses penelitian, hingga hasil akhir yang didapatkan. Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2018 sampai dengan Juli 2018. Penelitian ini dilakukan di dua tempat gedung olahraga yang biasa digunakan untuk olahraga hoki ruangan di daerah Jakarta Selatan. Studi kasus dilakukan untuk mengetahui kondisi pencahayaan di gedung olahraga yang sesuai dengan keadaan sebenarnya.



GAMBAR 1. Diagram Alir Penelitian

Adapun tempat gedung olahraga tersebut, antara lain gedung olahraga A yaitu Jalan Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan. Gedung Olahraga B gedung Olahraga Jalan Duren Tiga Raya No.1, Pancoran, Jakarta Selatan. Gedung olahraga A dan B memiliki luas lapangan lebih dari 100 m², maka untuk menentukan titik potong pengukurannya menggunakan aturan pada SNI untuk luas lebih dari 100 m². Luas ruangan lebih dari 100 meter persegi: titik potong horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak 6 meter. Contoh denah pengukuran intensitas penerangan umum untuk ruangan dengan luas lebih dari 100 meter persegi seperti gambar 2.



GAMBAR 2. Penentuan Titik Dengan Luas Lebih dari 100 m² (Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2004)

Intensitas penerangan atau iluminasi disuatu bidang ialah flux cahaya yang jatuh pada 1 m² dari bidang itu. Satuan untuk intensitas penerangan ialah lux dengan lambang E. Untuk menentukan jumlah lumen yang dibutuhkan pada luasan lapangan olahraga pada Gedung A dan B menggunakan persamaan 1. Pengukuran angka reflektansi yaitu dilakukan pengambilan data sinar datang dan sinar pantul dari suatu objek. Sinar datang: Luxmeter diletakkan pada permukaan objek dan dihadapkan langsung mengenai cahaya yang datang pada objek. Sinar pantul Sinar pantul diukur dengan jarak 2 inchi dari permukaan lantai. Untuk menentukan nilai reflektansi digunakan persamaan 2. Dalam menggunakan software DIALux, didapatkan pula penggambaran kontur tingkat iluminasi cahaya. Penggambaran tersebut dilakukan guna mengetahui daerah dengan nilai iluminasi tertinggi dan terendah [20].

Error (kesalahan) adalah perbedaan antara hasil observasi atau pengukuran dengan nilai sebenarnya. Untuk menentukan nilai kesalahan, secara matematis dapat dituliskan seperti pada persamaan berikut ini.

$$error (\%) = \frac{uji-standar}{standar} \times 100\% \tag{3}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Lapangan

Dari hasil pengukuran nilai iluminasi di Gedung Olahraga A dihasilkan nilai iluminasi minimum (E_{min}) sebesar 19.7 Lux, nilai iluminasi maksimum (E_{max}) sebesar 33.3 Lux, dan iluminasi rata-rata (E_{av}) sebesar 25.4 Lux. Dalam pengambilan data pada titik pengukuran terlihat adanya perbedaan nilai terukur, hal tersebut disebabkan oleh pemerataan pemasangan luminaire yang memiliki daya yang berbeda. Seperti pada titik pengukuran ke 3, 8, 13, dan 18 merupakan titik pengukuran yang berada di bawah area luminaire dengan daya 20 Watt sehingga menyebabnya nilai iluminasi yang terukur lebih tinggi dibandingkan dengan titik pengukuran yang lain yang berada didaerah pemasangan luminaire dengan daya 8 Watt.

TABEL 2. Hasil Pengukuran Reflektansi pada Gedung Olahraga A

Objek Pengukuran	Sinar Datang (Lux)	Sinar Pantul (Lux)	Reflektansi (%)
Lantai	7	2	28,6
Dinding	38	12	31,6

Sedangkan pengukuran nilai iluminasi di Gedung Olahraga B dihasilkan nilai iluminasi minimum (E_{min}) sebesar 22,3 Lux, nilai iluminasi maksimum (E_{max}) sebesar 88.3 Lux, dan iluminasi rata-rata (E_{av}) sebesar 46.2 Lux. Pada titik pengukuran 1 sampai dengan titik pengukuran 8 (daerah A), kemudian titik pengukuran 33 sampai dengan titik pengukuran 40 (daerah B), merupakan daerah titik pengukuran yang dekat dengan pemasangan luminaire. Denah pemasangan luminaire untuk gedung olahraga B dapat dilihat pada gambar 3. Untuk daerah A, luminaire dipasang dengan tinggi 5.5 meter, sedangkan untuk daerah B luminaire dipasang setinggi 7 meter.

TABEL 3. Hasil pengukuran reflektansi pada gedung olahraga B.

Objek Pengukuran	Sinar Datang (Lux)	Sinar Pantul (Lux)	Reflektansi (%)
Lantai	78	21	26,9
Dinding	23	12	52,1

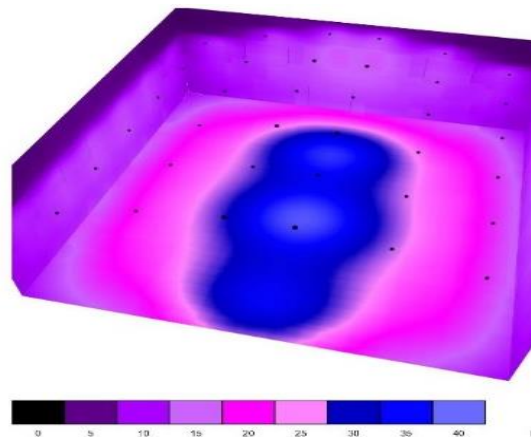
Hasil Simulasi Menggunakan DIALux

Optimasi desain pencahayaan pada penelitian ini dilakukan dengan membuat permodelan ruang, beserta variabel elemen interior dalam ruang tersebut pada DIALux 4.13. Variabel elemen interior tersebut meliputi jenis lantai, bentuk dan warna dinding, pintu dan jendela. Tipe gedung olahraga menentukan jenis olahraga yang dilakukan didalamnya, penggunaan gedung olahraga untuk latihan adalah sebesar 200 lux, hal ini sesuai dengan standar pencahayaan ideal.

Pada simulasi DIALUX untuk Gedung A, data luminaire yang digunakan pada gedung olahraga dengan luminaire DIALux seperti pada tabel 6.

TABEL 4. Jenis Luminare di Gedung Olahraga A

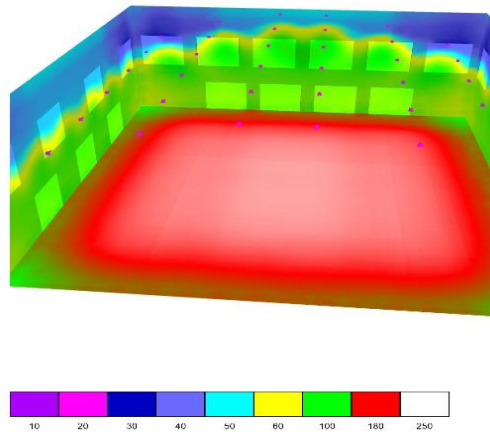
No	Jenis Luminaire
1.	Philips DN561B 1x LED8S/840 M PGO
2.	Philips DN571B PSE-D 1xLED 24S/840 M PGO



GAMBAR 3. False color rendering gedung olahraga A.

Gambar 3 menunjukkan nilai iluminasi ruangan berdasarkan persebaran warna pada Gedung Olahraga A, dengan jumlah luminaire yang terdapat pada gedung olahraga A adalah sebanyak 36 buah. Diperoleh nilai iluminasi minimum atau E_{min} sebesar 11 Lux dan iluminasi maksimum atau E_{max} sebesar 42 Lux.

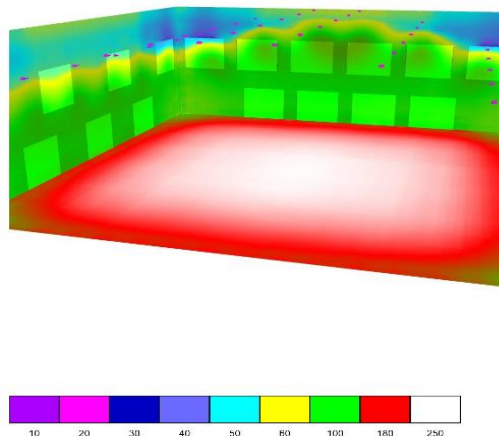
Simulasi pencahayaan kedua ini dilakukan dengan mengganti jenis dan jumlah armatur, serta nilai reflektansi pada dinding agar pencahayaan di gedung olahraga mencapai kondisi ideal. Untuk lampu yang pasang adalah lampu Phillips DN571B 1xLED38S/TWH. Hasil simulasi untuk false color rendering seperti gambar 4.



GAMBAR 4. False color rendering hasil optimasi gedung olahraga A.

Dari gambar 4 menunjukkan bahwa persebaran cahaya yang didominasi oleh warna merah dan bercampur warna putih menghasilkan nilai iluminasi rata-rata nya E_{av} 202 lux, E_{min} 113 lux dan maksimal (E_{max}) 236 lux. Dengan mengaplikasikan 36 luminaire yang terpasang tetap, tetapi mengubah jenis armatur dan lampu yang memiliki jumlah lumen sebesar 3.700 lumen, mengganti warna cat dinding dengan nilai reflektansi sebesar 60% sehingga nilai iluminasi yang dihasilkan pada ruangan tersebut sudah memenuhi standard yang direkomendasikan, yaitu 202 Lux dari 200 Lux.

Simulasi ketiga yaitu mengganti luminare dengan lumen yang dihasilkan lebih dari perhitungan, yaitu 3.357,61 lumen. Penggantian jenis luminaire dengan menambahkan nilai lumen pada gambar tersebut, maka hasil E_{av} yang ditunjukkan adalah sebesar 215 Lux. Jenis luminaire yang digunakan adalah DN570B PSE-D 1xLED 40S/840 yang menghasilkan 3.900 lumen.

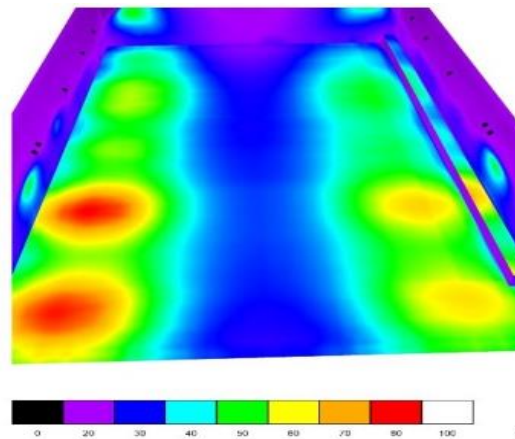


GAMBAR 5. False color rendering hasil optimasi kedua gedung olahraga A.

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa persebaran cahaya yang didominasi oleh warna merah dan bercampur warna putih menghasilkan nilai iluminasi rata-rata nya E_{av} 215 lux, E_{min} 113 lux dan maksimal E_{max} 261 lux. Dengan mengaplikasikan 36 luminaire yang terpasang tetap, tetapi mengubah jenis armatur dan lampu yang memiliki jumlah lumen sebesar 3.900 lumen, mengganti warna cat dinding dengan nilai reflektansi sebesar 60% sehingga nilai iluminasi yang dihasilkan pada ruangan tersebut sudah memenuhi standard yang direkomendasikan, yaitu 215 Lux dari 200 Lux. Pada gedung olahraga B, simulasi DIALUX data luminaire yang digunakan pada gedung olahraga saat ini dengan luminaire DIALux seperti pada tabel 5.

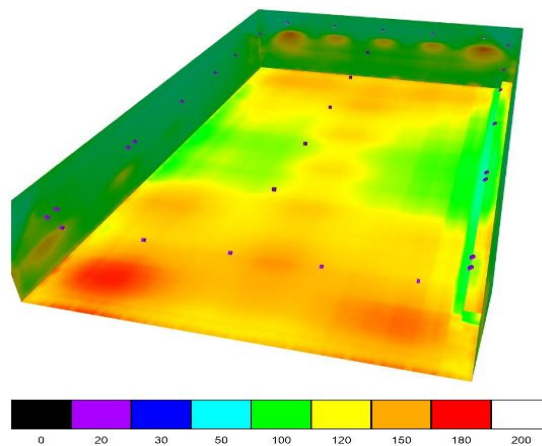
TABEL 5. Jenis Luminare di Gedung Olahraga B

No	Jenis Luminaire
1.	Philips BVP117 1xLED 54W/ 840 WB



GAMBAR 6. False color rendering gedung olahraga B

Persebaran cahaya yang berada pada posisi kiri (daerah A) dan posisi kanan (daerah B) tidak sama. Hal tersebut dikarenakan ketinggian pemasangan luminaire yang berbeda. Pada daerah A luminaire dipasang pada ketinggian 5.5 meter sedangkan pada daerah B dipasang pada ketinggian 7 meter. Jumlah luminaire yang terdapat pada gedung olahraga B adalah sebanyak 31 buah, akan tetapi lampu yang masih dalam keadaan baik dan masih dapat digunakan sebanyak 16 buah seperti pada gambar denah letak lampu. Dari hasil pengukuran lapangan diperoleh nilai iluminasi rata-rata atau E_{av} sebesar 46.2 Lux, sedangkan pada simulasi diperoleh nilai E_{av} sebesar 44 Lux.



GAMBAR 7. False color rendering gedung olahraga B lampu menyala semua.

Dari hasil simulasi dengan mengasumsikan bahwa semua lampu terpasang dapat digunakan dan dalam keadaan baik, seperti pada gambar 7 diperoleh nilai Iluminasi rata-rata atau E_{av} sebesar 130 Lux. Simulasi pencahayaan lanjutan ini dilakukan dengan menambah jumlah armatur yang jenisnya sama, mengubah nilai reflektansi pada lantai menjadi 50% dan dinding menjadi 60%, agar pencahayaan di gedung olahraga mencapai kondisi ideal. Dengan menggunakan persamaan 1 untuk menentukan nilai lumen pada gedung seluas 1.168,87 m² maka dihasilkan perhitungan sebagai berikut,

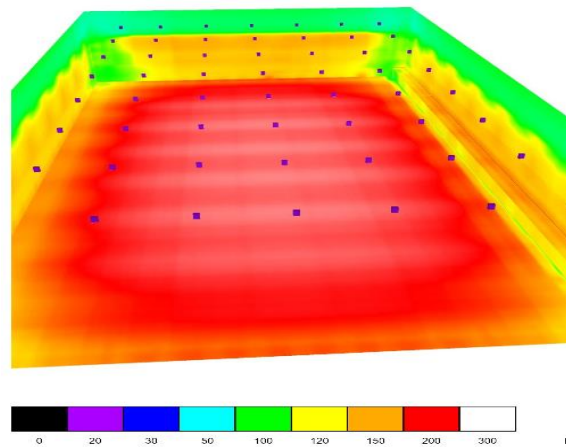
$$\begin{aligned} \Phi &= E \times A \\ &= 200 \text{ lux} \times 1.168,87 \text{ m}^2 \\ &= 233.774 \text{ lumen} \end{aligned}$$

Apabila data lampu terpasang, untuk 1 lampu menghasilkan 4.050 lumen, maka untuk menentukan jumlah titik pemasangan lampu adalah membagi jumlah lumen total yang dibutuhkan dengan jumlah 1 lumen nya, sehingga dituliskan perhitungan seperti ini.

$$N = \frac{233.744}{4.050}$$

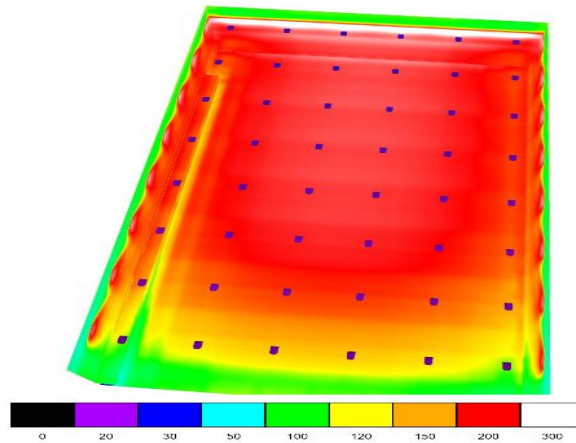
$$N = 57.7 \approx 58$$

Dimana N adalah jumlah pemasangan luminaire



GAMBAR 8. False color rendering gedung olahraga B hasil optimasi pertama.

Gambar 8 adalah hasil dari simulasi untuk optimasi pencahayaan gedung olahraga telah didapatkan jumlah nilai iluminasi sebesar 217 Lux. Pemasangan dan letak luminaire berada pada ketinggian 7 meter dari permukaan lantai. Nilai reflektansi yang dipakai untuk lantai 40% dan untuk dinding 60%, perubahan nilai reflektansi tersebut yaitu membuat warna pada lantai maupun dinding lebih cerah sehingga meningkatkan nilai iluminasi pada ruangan. Dari hasil tersebut, didapatkan hasil yang ideal untuk gedung olahraga sebagai sarana dan prasarana latihan dengan nilai iluminasi rata-rata atau E_{av} sebesar 217 Lux. Simulasi dan optimasi selanjutnya dilakukan penggantian jenis luminaire. Yaitu BVP 506 GC T35 1xGRN59-3S/740, lumen 4.836 lumen yang daya nya 46 Watt.



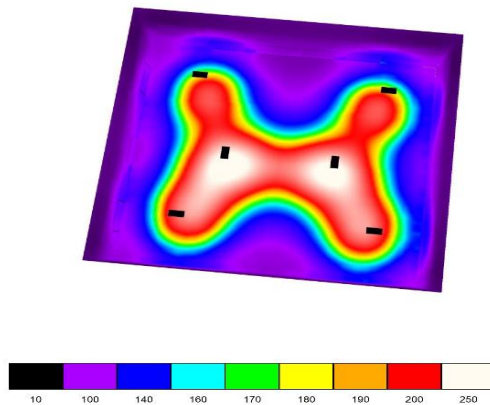
GAMBAR 9. False color rendering gedung olahraga B hasil optimasi kedua.

Gambar 9 adalah hasil dari simulasi untuk optimasi pencahayaan gedung olahraga telah didapatkan jumlah nilai iluminasi sebesar 208 Lux. Pemasangan dan letak luminaire berada pada ketinggian 7 meter dari permukaan lantai. Nilai reflektansi yang dipakai untuk lantai 40% dan untuk dinding 60%. Dari hasil tersebut, didapatkan hasil yang ideal untuk gedung olahraga sebagai sarana dan prasarana latihan dengan nilai iluminasi rata-rata atau E_{av} sebesar 208 Lux.

Penggunaan Lampu Jenis Fluoresent untuk Lapangan Olahraga

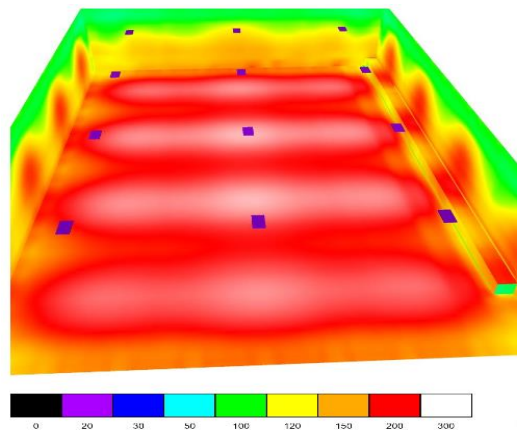
Dalam penggunaannya, digunakan Philips RM 4xMASTER TLED 18W/840 yang menghasilkan 19.152 lm tiap luminaire nya. Maka untuk menentukan jumlah luminaire

yang dipasang untuk menghasilkan iluminasi minimal dalam gedung adalah sebagai berikut.



GAMBAR 10. False color rendering gedung olahraga A jenis TLED.

Gambar 10 menunjukkan persebaran cahaya pada lapangan di gedung olahraga A. Pemasangan jumlah luminaire terpasang sebanyak 9 buah, nilai iluminasi rata-rata yang didapatkan pada lapangan adalah E_{av} 232 Lux, dengan E_{min} 154 Lux dan E_{max} 328 Lux. Penggunaan lampu fluoesent dengan jumlah pemasangan sejumlah 9 buah telah menghasilkan nilai iluminasi standar untuk latihan, yaitu 232 Lux.



GAMBAR 11. False color rendering gedung olahraga B jenis TLED.

Gambar 11 menunjukkan persebaran cahaya pada lapangan di gedung olahraga B. Pemasangan jumlah luminaire terpasang sebanyak 12 buah, nilai iluminasi rata-rata yang didapatkan pada lapangan adalah E_{av} 218 Lux, dengan E_{min} 126 Lux dan E_{max} 300 Lux. Penggunaan lampu fluoesent dengan jumlah pemasangan sejumlah 12 buah telah menghasilkan nilai iluminasi standar untuk latihan, yaitu 218 Lux dari standarnya 200 Lux.

KESIMPULAN

Optimasi pencahayaan yang dilakukan pada Gedung Olahraga yang digunakan sebagai sarana latihan olahraga hoki, dengan rincian gedung olahraga A nilai E_{av} 25.4 Lux. Untuk meningkatkan nilai iluminasi pada gedung tersebut maka dilakukan penggantian jenis lampu. Untuk jumlahnya yaitu sebanyak 36 buah, dan dari hasil tersebut diperoleh nilai iluminasi rata-rata 202 Lux. Hasil E rata-rata yang ditunjukkan adalah sebesar 215 Lux.

Pada gedung olahraga B nilai E_{av} 46.2 Lux. Untuk meningkatkan nilai iluminasi pada gedung tersebut maka dilakukan simulasi apabila 31 lampu terpasang dinyalakan semua, serta melakukan perhitungan berdasarkan jumlah lumen pada lampu. Dilakukan pula penggantian jenis lampu, yang diharapkan maka ditetapkan nilai lumen yang terpasang dan dari hasil tersebut diperoleh nilai iluminasi rata-rata 217 Lux, 4836 lumen yang dayanya

46 Watt. Hasil yang didapatkan untuk penggantian jenis luminaire diatas didapatkan nilai iluminasi rata-rata sebesar 208 Lux.

Simulasi dengan menggunakan jenis lampu fluoresen yang dapat menghasilkan pencahayaan merata untuk memenuhi kebutuhan fungsional berbagai aktivitas. Pada gedung olahraga A terpasang 9 buah yang menghasilkan E_{av} 232 Lux dan pada gedung olahraga B terpasang 12 buah yang menghasilkan E_{av} 218 Lux.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Satwiko, "Pemakaian Perangkat Lunak DIALux Sebagai Alat Bantu Proses Belajar Tata Cahaya," *Arsitektur*, vol. 9, pp. 142–154, 2011.
- [2] T. Cara, P. Teknik, and D. P. Umum, "Tata cara perencanaan teknik bangunan gedung olahraga departemen pekerjaan umum," 1994.
- [3] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung," pp. 1–32, 2001.
- [4] Badriana, "Analisa Tingkat Kuat Penerangan Terhadap Kelelahan Mata Pada Pencahayaan Lapangan Olah Raga Futsal Garuda Lhokseumawe," 2013.
- [5] F. I. Hockey, "Rules of Field Hockey 2017," no. January, 2017.
- [6] A. M. Mappalotteng and Syahrul, "Analisis Penerangan Pada Ruangan Di Gedung Program Pascasarjana UNM Makassar," *Sci. Pini*, vol. 1, no. 1, pp. 87–96, 2015.
- [7] E. Nursanti, "Pemetaan Ruang Kelas Standar SD Inpres Berdasarkan Sisi Akustik, Pencahayaan dan Suhu Menggunakan MATLAB 6.1," pp. 1–90, 2010.
- [8] F. K. Mujib and A. Rahmadiansah, "Desain Pencahayaan Lapangan Bulu Tangkis Indoor ITS," *J. Tek. Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2012.
- [9] E. Zondra, R. Hidayat, and E. Mufrizon, "Optimalisasi Pencahayaan Ruang Gedung Perkantoran Menggunakan Logika Fuzzy Di PT Pertamina (PERSERO) RU II Production Sei Pakning," *INOVTEK POLBENG*, vol. 8, no. 2, 2018.
- [10] P. Satwiko, *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET, 2009.
- [11] L. Kristanto, "Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya Dengan Angka Reflektansi Warna Dinding: Studi Kasus Ruang Kelas Unika Widya Mandala Surabaya," *Dimens. J. Archit. Built Environ.*, vol. 32, no. 1, 2004.
- [12] A. Nurdiana, Nita; Al Amin, M.Saleh; Thohari, "Konversi Lampu TL Ke Lampu Led (Studi Kasus : Jakabaring Shooting Range Jakabaring Sport City Palembang)," *J. Ampere*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [13] C. G. Irianto, "Studi Optimasi Sistem Pencahayaan Ruang," *JETri*, vol. 5, no. 2, pp. 1–20, 2006.
- [14] SNI, "Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja," SNI 16-7062-2004, pp. 1–14, 2004.
- [15] A. F. Abdul Ghaffar, Kartono, and A. Nugroho, "Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Lapangan Stadion Universitas Diponegoro Dengan Menggunakan DIALux 4," *Transient*, vol. 6, no. 3, 2017.
- [16] N. Madarina, W. A. Asmoro, J. T. Fisika, and F. T. Industri, "Perancangan Pencahayaan GOR 'Target' Menerapkan Konsep Green Building," *J. Tek. POMITS Vol.*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [17] Badan Standarisasi Nasional. (2001). S SNI 03-6575-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- [18] K. E. Nugraha And A. Rahmadiansah, "Perancangan Sistem Pencahayaan Lapangan Futsal Indoor ITS," *J. Tek. Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [19] FIH, "Guide Sports Lighting For Non-Televised Outdoor Hockey," no. May, 2018.
- [20] Kementrian Pemuda dan Olahraga "Petunjuk Teknis Bantuan Pemerintah Berupa Prasarana Olahraga Prestasi yang Akan Diserahkan Kepada Masyarakat/Pemerintah Daerah", no.145, 2016.