

## Evaluasi Sistem Pencahayaan Dan Penggunaan Energi Listrik Pada Lampu Sorot di Gelanggang Olah Raga Kridosono Yogyakarta

Agityawan Ranga Manyurang\*, Bambang Sudibya  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta  
\* email: amanyurang@gmail.com

### Abstract

*Kridosono Yogyakarta sports building is one of the sports facilities in the Kotabaru Yogyakarta. As the function of the exercise routine for this sports building is basketball and volleyball, the use at night of course uses an artificial lighting system. Artificial lighting, especially spotlights that have been installed based on information from the sports building manager, is still lacking in the sense of lack of light. For this reason, this study aims to evaluate the lighting system and calculate the use of floodlight electrical energy after and before the evaluation. The results showed that the average lighting level in the Kridosono Sports Building Yogyakarta did not meet the minimum standard of 200 Lux. Recommendations through the calculation of lighting levels obtained results of 211.2 lux and 202.75 lux. For the DIALux 4.13 simulation using a Philips BVP130 1xLED210/740 spotlight and a Philips BVP130 1xLED172/830 spotlight, the results are 240 lux and 230 lux. The total electrical energy consumption of the floodlights before the evaluation was 752 kWh/month and after being re-planned by replacing the spotlights using Philips BVP130 1xLED172/830 of 678.3 kWh/month so as to save electrical energy by 9.8% and using Philips BVP130 spotlights 1xLED210/740 electricity consumption is 670kWh/month so that it saves electrical energy by 10.9%.*

*Keywords — Lighting System, Electrical Energy, DIALux 4.13*

### 1. Pendahuluan

Gedung olah raga Kridosono Yogyakarta merupakan salah satu fasilitas olah raga untuk berbagai macam aktivitas olah raga. Sebagaimana fungsi rutinitas latihan gedung olah raga ini yaitu olah raga basket dan bola voli, maka penggunaan pada malam hari tentunya menggunakan sistem pencahayaan buatan [1]. Pencahayaan didefinisikan sebagai jumlah cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja [2]. Pencahayaan buatan khususnya lampu sorot yang sudah terpasang berdasarkan informasi dari pengelola gedung olah raga ini masih kurang dalam arti kurang terang.

Penelitian mengenai iluminasi sudah ada yang meneliti yaitu Perancangan Pencahayaan GOR “Target” Keputih dengan Menganalisa Daya serta Menerapkan Konsep Green Building [3], penelitian tersebut membahas kuat pencahayaan pada GOR “Target” dengan lapangan bulutangkis sebagai tempat yang diteliti. Penelitian yang dilakukan oleh [4], penelitian ini menganalisa sistem pencahayaan terhadap pemakaian daya di perpustakaan di Universitas Lancang Kuning. Penelitian lain yang dilakukan [5], Optimasi pencahayaan yang dilakukan pada Gedung Olah raga yang digunakan sebagai sarana latihan olah raga hoki, yang menunjukkan bahwa tingkat iluminasi di gedung olah raga A dan B belum memenuhi kondisi ideal sebesar 200 Lux.

Pada penelitian ini lapangan yang diteliti adalah lapangan basket dan bola voli yang mana pengukuran menggunakan luxmeter untuk mengetahui tingkat pencahayaan lapangan dan juga menggunakan metode permodelan DIALux 4.13 untuk membuat perencanaan

pencahayaan yang sesuai dengan standar serta perhitungan penggunaan energi listrik pada lampu sorot. Penelitian ini dilakukan melalui tahap pengambilan data kuat pencahayaan menggunakan luxmeter, kemudian dilakukan perhitungan numeris, mengevaluasi kuat pencahayaan menggunakan aplikasi DIALux 4.13, dan menghitung penggunaan energi listrik lampu sorot sesudah dan sebelum evaluasi. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pencahayaan serta menghitung penggunaan energi listrik lampu sorot sesudah dan sebelum evaluasi. Sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi evaluasi untuk lapangan GOR Kridosono Yogyakarta.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan terbagi menjadi dua tahap.

#### 1. Pengumpulan Data Lapangan

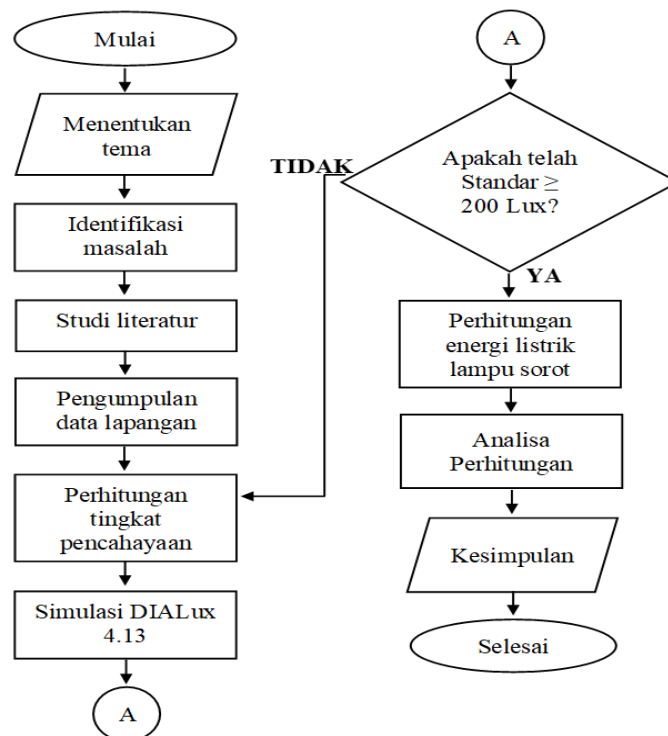
Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data kuat pencahayaan lapangan dengan menggunakan luxmeter dan diukur pada titik – titik yang telah ditentukan serta menanyakan langsung pada pihak lapangan mengenai jenis lampu dan jumlah lampu sorot tempat penelitian dilakukan.

#### 2. Analisa Perhitungan Numeris dan Simulasi

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan numeris sistem pencahayaan dari data yang didapat dari lapangan dan simulasi permodelan ruang menggunakan *software* DIALux 4.13 dalam rangka melakukan simulasi pencahayaan sebelum dan setelah evaluasi. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara hasil pengukuran, perhitungan numeris dan simulasi. Selain itu, dilakukan juga perhitungan penggunaan energi listrik lampu sorot sebelum dan setelah evaluasi.

### 2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menentukan tema kemudian mengidentifikasi masalah yang ada di lokasi penelitian. Pengumpulan data tingkat pencahayaan di lapangan menggunakan alat ukur luxmeter dan 1 buah meteran sepanjang 7 meter untuk mengukur letak titik pengukuran, setelah itu mencatat jenis dan jumlah lampu. Perhitungan tingkat pencahayaan dapat dilakukan dengan menghitung tingkat pencahayaan sesuai data yang telah dikumpulkan. Perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan dilakukan setelah melakukan evaluasi mengenai sistem pencahayaan menggunakan perhitungan tingkat pencahayaan. Simulasi menggunakan aplikasi DIALux 4.13 dilakukan agar sistem pencahayaan dapat diidentifikasi dengan membuat permodelan ruang serta kalkulasi pencahayaan lampu sorot. Penyusunan lampu sorot pada aplikasi DIALux 4.13 dilakukan setelah perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan, kemudian kalkulasi pencahayaan DIALux 4.13 dilakukan berdasarkan jumlah lampu sorot dan penempatan lampu yang sesuai. Setelah itu, melakukan pencocokan standar pencahayaan yang telah ditentukan oleh *British Standard European Norm BS-EN-12193:2007* dan *Philips Lighting (1986:172)* yaitu minimal 200 lux. Kemudian, dilakukan perhitungan penggunaan energi listrik sebelum dan setelah evaluasi sistem pencahayaan. Analisa perhitungan dari penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran lapangan menggunakan luxmeter, perhitungan tingkat pencahayaan dan hasil evaluasi simulasi aplikasi DIALux 4.13.

### 2.3 Iluminasi (Pencahayaan)

Pencahayaan didefinisikan sebagai jumlah cahaya yang jatuh pada sebuah bidang permukaan. Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja, dengan bidang kerja yang dimaksud adalah sebuah bidang *horizontal imajiner* yang terletak setinggi 0,75 m di atas lantai pada seluruh ruangan. Oleh karena itu pencahayaan lebih khususnya pada bangunan adalah salah satu faktor penting yang harus diaplikasikan demi tercapainya kenyamanan dan keberlangsungan kegiatan yang ada di dalam bangunan tersebut agar kinerja bangunan dapat berjalan dengan maksimal [2].

Iluminasi disebut juga dengan tingkat pencahayaan dimana fluks cahaya menyinari permukaan suatu bidang. Iluminasi sering disebut juga kuat pencahayaan dengan satuan lux atau lumen per meter persegi. Besarnya iluminasi ( $E$ ) bergantung dari jumlah fluks cahaya dari luas bidang kerja yang dinyatakan dalam lux (lx) [6]. Persamaan dari iluminasi ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

- $E$  = Iluminasi/tingkat pencahayaan (lux)
- $\varphi$  = Fluks cahaya (lumen)
- $A$  = Luas permukaan ( $m^2$ )

Dalam perencanaan pencahayaan pada sarana olah raga, kuat pencahayaan yang didapatkan harus merata. Persamaan iluminasi rata – rata ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$E_{rata-rata} = \frac{n \times \varphi \times k_p \times k_d}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

- $E_{rata-rata}$  = Iluminasi rata – rata pada bidang kerja ( $lm/m^2$ )
- $n$  = Jumlah lampu yang terpasang pada ruangan
- $k_d$  = Faktor penyusutan / depresiasi
- $\varphi$  = Flux cahaya (lumen)
- $k_p$  = Faktor pemeliharaan / Faktor utility (Pada tabel)
- $A$  = Luas Area

Dalam perancangan sistem pencahayaan. Beberapa hal yang harus diperhitungkan adalah [7] sebagai berikut.

1. Indeks Ruang ( $k$ )

Untuk perencanaan pencahayaan, langkah yang harus ditentukan adalah menentukan indeks ruangan. Indeks ruangan menyatakan perbandingan antara ukuran - ukuran utama suatu ruangan. Untuk menentukan indeks ruangan digunakan Persamaan (3).

$$k = \frac{p \times l}{t(p \times l)} \quad (3)$$

Keterangan:

$k$  = Indeks ruangan

$p$  = Panjang ruangan (m)

$l$  = Lebar ruangan (m)

$t$  = Jarak antara titik cahaya terhadap bidang kerja (m)

2. Efisiensi Pencahayaan

Efisiensi pencahayaan dengan nilai-nilai indeks ruangan ( $k$ ), faktor refleksi dinding ( $r_w$ ), faktor refleksi langit-langit ( $r_l$ ), dan faktor refleksi lantai ( $r_m$ ) dapat ditentukan pada tabel efisiensi pencahayaan. Faktor refleksi dinding ( $r_w$ ) dan faktor refleksi plafon ( $r_p$ ) merupakan bagian cahaya yang dipantulkan oleh dinding dan langit-langit / plafon yang kemudian mencapai bidang kerja. Faktor refleksi bidang kerja ( $r_m$ ) ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi dinding antara bidang kerja dan lantai secara umum, nilai ( $r_m$ ) adalah 0,10 (jika ( $r_m$ ) tidak diketahui, maka diambil nilai ( $r_m$ ) adalah 0,10). Faktor-faktor refleksi dinding ( $r_w$ ) dan faktor refleksi langit-langit ( $r_l$ ) masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit yang mencapai bidang kerja. Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil daripada pengaruhnya pada sistem - sistem pencahayaan lain, sebab cahaya yang jatuh pada dinding dan langit - langit hanya sebagian dari fluks cahaya.

3. Faktor Penyusutan / depresiasi ( $k_d$ )

Untuk memperoleh efisiensi pencahayaan dalam keadaan dipakai, nilai efisiensi yang didapat dari tabel harus dikalikan dengan faktor penyusutan. Faktor penyusutan ini dibagi menjadi tiga golongan utama, yaitu Pengotoran ringan (daerah yang hampir tak berdebu), Pengotoran sedang / biasa, Pengotoran berat (daerah banyak debu). Bila tingkat pengotoran tidak diketahui, maka faktor depresi yang digunakan adalah 0,8.

4. Faktor *Utility* ( $k_p$ )

Faktor *utility* dapat ditentukan dengan tabel efisiensi pencahayaan dengan mencari nilai indeks ruangan ( $k$ ) yang tepat. Jika nilai ( $k$ ) tidak terdapat secara tepat pada tabel sistem pencahayaan, efisiensi, dan depresiasi yang sudah ada, maka faktor *utility* diperoleh dengan metode interpolasi dengan Persamaan (4).

$$k_p = k_{p1} + \frac{k - k_1}{k_2 - k_1} (k_{p2} - k_{p1}) \quad (4)$$

Keterangan:

$k_p$  = Faktor *utility* yang akan ditentukan

$k_{p1}$  = Faktor *utility* batas bawah

$k_{p2}$  = Faktor *utility* batas atas

$k$  = Indeks ruangan yang akan ditentukan

$k_1$  = Indeks ruangan batas bawah

$k_2$  = Indeks ruangan batas atas

5. Jumlah Lampu ( $n$ )

Setelah menentukan beberapa parameter di atas, maka untuk mencari jumlah lampu digunakan Persamaan (5).

$$n = \frac{E \times A}{\varphi \times k_p \times k_d} \quad (5)$$

Keterangan:

$n$  = Jumlah lampu (buah)

$E$  = Iluminasi/tingkat pencahayaan (lux)

$\varphi$  = Flux cahaya (lumen)

$A$  = Satuan luas (m<sup>2</sup>)

$k_p$  = Faktor *utility*

$k_d$  = Faktor depresiasi

## 2.4 Standar Iluminasi Olah raga

Pencahayaan olah raga mempunyai dua standar yaitu standar olah raga untuk latihan serta untuk pertandingan. Standar penerangan olah raga baik di dalam (*indoor*) maupun di luar ruangan (*outdoor*) ditetapkan oleh *Phillips Lighting* 1986 pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Pencahayaan Olah raga

Jenis Olah raga	Iluminasi (Lux)	
	Latihan	Pertandingan
Sepakbola	75	200-600
Bola Tangan	75	400
Bola Voli ( <i>Indoor</i> )	200	400
Badminton ( <i>Indoor</i> )	200	400
Hoky ( <i>Indoor/Outdoor</i> )	200	400
Renang ( <i>Indoor/Outdoor</i> )	200	400
Polo Air ( <i>Indoor/Outdoor</i> )	200	400
Tenis ( <i>Indoor/Outdoor</i> )	200	400-600
Pacu Kuda	100	150
Loncat Indah ( <i>Indoor</i> )	150	400
Bowling	100	200

Menurut panduan pencahayaan bola basket diperlukan minimal 200 lux untuk latihan. Berdasarkan (*European Committee for Standardization* 2007) yaitu *British Standard European Norm* BS-EN-12193:2007 tentang *Sport Lighting*, pencahayaan untuk lapangan basket ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Pencahayaan Lapangan Basket

Level Pencahayaan Minimum	Rata – rata (Lux)	Keseragaman
Kompetisi internasional FIBA	1500	0,7
Kompetisi nasional dan internasional	750	0,7
Kompetisi regional atau latihan tingkat tinggi	500	0,7
Kompetisi local, latihan, sekolah dan rekreasi	200	0,5

## 2.5 Energi Listrik

Energi secara umum merupakan efisiensi dalam melakukan kerja. Pada dasarnya, energi hanya dapat berubah ke bentuk energi yang lainnya. Hal ini dinyatakan dalam hukum kekekalan energi bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain). Penggunaan energi listrik pada kehidupan sehari-hari adalah sebagai pencahayaan, pemanas, motor listrik dan lain sebagainya [8]. Energi listrik juga dapat diartikan yaitu daya listrik yang terpakai pada alat-alat listrik dalam waktu tertentu. Untuk itu dapat dirumuskan dengan Persamaan (6).

$$W = P \times t \quad (6)$$

Keterangan:

$W$  = Energi Listrik (joule)

$P$  = Daya Listrik (watt)

$t$  = Waktu (detik)

Energi listrik yang dibutuhkan untuk semua lampu yang ada dalam suatu ruangan atau gedung dapat dihitung dengan Persamaan (7).

$$W_{total} = n \times P \times t \quad (7)$$

Keterangan:

$W_{total}$  = Total energi listrik keseluruhan (joule)

$n$  = Jumlah lampu (Buah)

$P$  = Daya setiap lampu (Watt)

$t$  = Waktu (Jam)

Persentase untuk mendapatkan hasil dalam menghemat energi listrik setelah evaluasi dapat dirumuskan dengan Persamaan (8).

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan

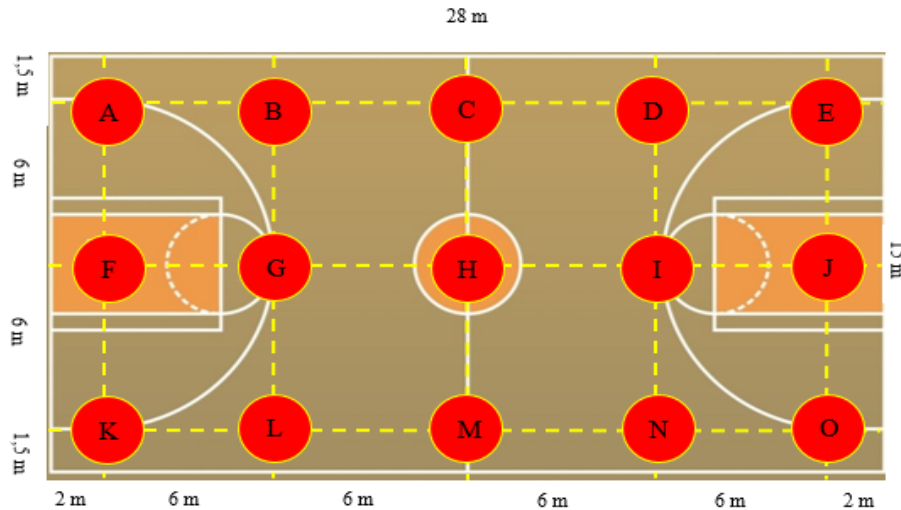
$\text{Nilai awal}$  = Nilai total energi listrik sebelum evaluasi

$\text{Nilai akhir}$  = Nilai total energi listrik sesudah evaluasi

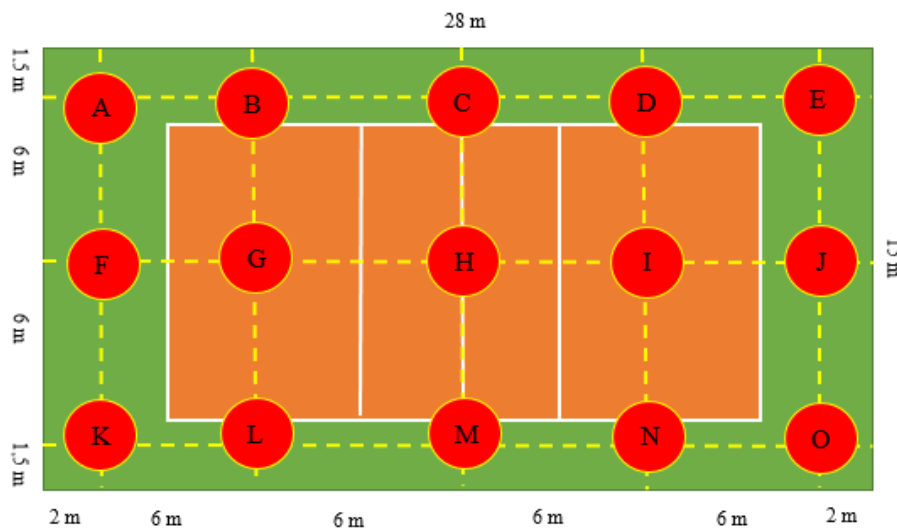
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengambilan Data Tingkat Pencahayaan Lapangan

Titik pengukuran pencahayaan lapangan bola voli dan basket di GOR Kridosono Yogyakarta ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Titik Pengukuran Lapangan Bola Voli



Gambar 3. Titik Pengukuran Lapangan Basket

Lapangan bola voli dan basket memiliki luas yang sama pada umumnya, sehingga diambil titik pengukuran dengan luas permukaan yang sama yaitu 28 x 15 m. Hasil pengukuran pada lapangan yang dilakukan menggunakan alat ukur luxmeter ditunjukkan pada Tabel 3, pengukuran dilakukan 3 kali dengan jadwal pengukuran sebagai berikut.

1. Pengukuran I dilakukan pada tanggal 10 Juni 2021 pada pukul 22.00 – 23.00
2. Pengukuran II dilakukan pada tanggal 17 Juni 2021 pada pukul 22.00 – 22.30
3. Pengukuran III dilakukan pada tanggal 24 Juni 2021 pada pukul 22.00 – 22.30

Tabel 3. Data Pengukuran Lapangan

Titik Pengukuran	Data Pencahayaan (Lux)			Rata – rata (Lux)
	Pengukuran I	Pengukuran II	Pengukuran III	
A	113	109	105	109
B	132	130	126	129,3
C	134	131	123	129,3
D	116	119	125	120
E	100	95	103	99,3
F	143	154	150	149
G	215	210	207	210,6
H	213	210	198	207
I	198	198	201	199
J	171	173	180	174,6
K	170	168	173	170,3
L	190	197	199	195,3
M	199	200	200	199,6
N	186	189	184	186,3
O	157	155	154	155,3
Rata – rata total (Lux)				162,26

### 3.2 Perhitungan Tingkat Pencahayaan

Tingkat pencahayaan untuk lapangan basket dan bola voli menurut *Philips Lighting* 1986 [9] dan *British Standard European Norm BS-EN-12193:2007* [10] yang digunakan untuk latihan minimal adalah 200 lux, sehingga untuk mengetahui tingkat pencahayaan pada lapangan bola voli dan basket GOR Kridosono, dilakukan pengamatan dengan hasil sebagai berikut.

1. Faktor refleksi sebagai berikut.

$r_m$  = Faktor refleksi bidang kerja

$r_p$  = Faktor refleksi langit - langit

$r_w$  = Faktor refleksi dinding

Data faktor refleksinya berdasarkan tabel sistem pencahayaan.

$r_m = 0,1$  (Warna coklat tua)

$r_p = 0,3$  (Warna abu – abu muda)

$r_w = 0,3$  (Warna abu – abu, biru dan hijau (warna muda))

2. Adapun untuk perhitungan tingkat pencahayaan dapat menggunakan Persamaan (2) - (5), di mana hasil perhitungannya dapat ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tingkat Pencahayaan

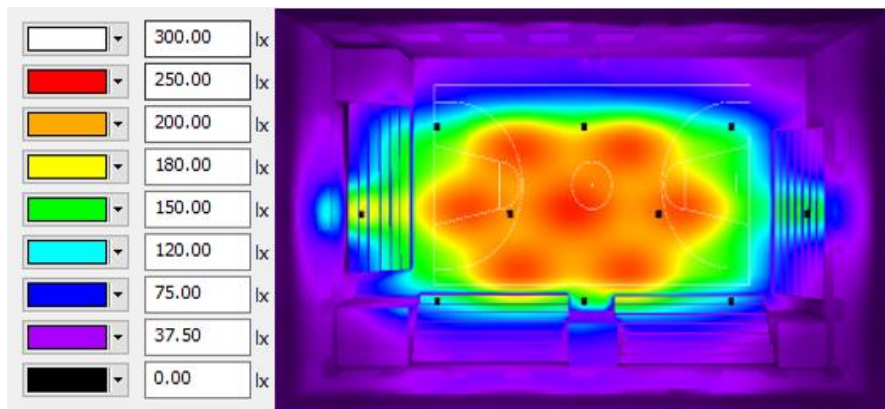
No.	Jenis Lampu Sorot	Indeks Ruang ( $k$ )	Faktor Utility ( $k_p$ )	Tingkat Pencahayaan	Jumlah Lampu ( $n$ )
1.	NVC NFDLED254	1,32	0,48	180 Lux	10
2.	Philips BVP130 1xLED210/740	1,32	0,48	211,2 Lux	11
3.	Philips BVP130 1xLED172/830	1,32	0,48	202,75 Lux	11



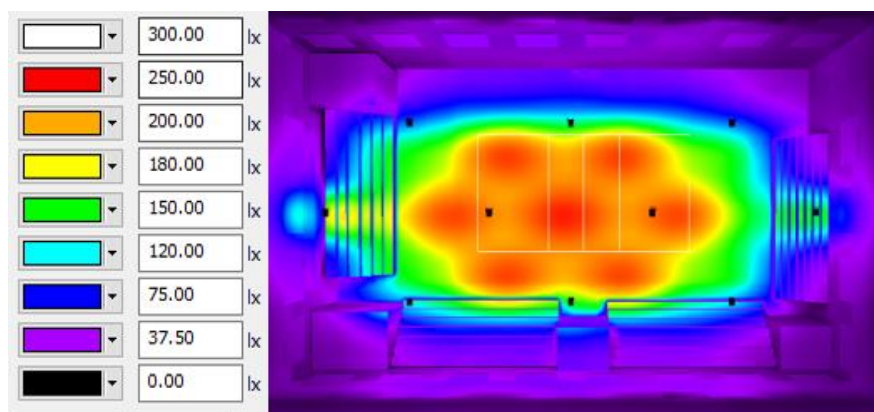
Dapat dilihat dari Tabel 4 tersebut, hasil perhitungan tingkat pencahayaan yang didapatkan telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Philips Lighting* 1986 [9] dan *British Standard European Norm BS-EN-12193:2007* [10] yaitu minimal 200 lux dengan hasil 211,2 lux untuk lampu sorot Philips BVP130 1 xLED210/740 dan 202,75 lux untuk lampu sorot Philips BVP130 1 xLED172/830.

### 3.3 Simulasi Kondisi Eksisting Dengan Lampu Philips BVP 130 T25 LED 172/840

Pada simulasi ini dilakukan kalkulasi pencahayaan pada lapangan basket untuk mencocokkan data dari hasil pengukuran dengan data dari hasil simulasi. Spesifikasi lampu sorot yang digunakan berbeda karena untuk lampu sorot NVC NFDLED254 200 watt dengan arus cahaya 19.700 lumen tidak tersedia di DIALux 4.13, maka diganti dengan lampu sorot Philips BVP 130 T25 LED 172/840 164 watt dengan total arus cahaya 17.000 lumen. Hasil simulasi kondisi eksisting dengan lampu sorot Philips BVP 130 T25 LED 172/840 lapangan basket dan bola voli ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



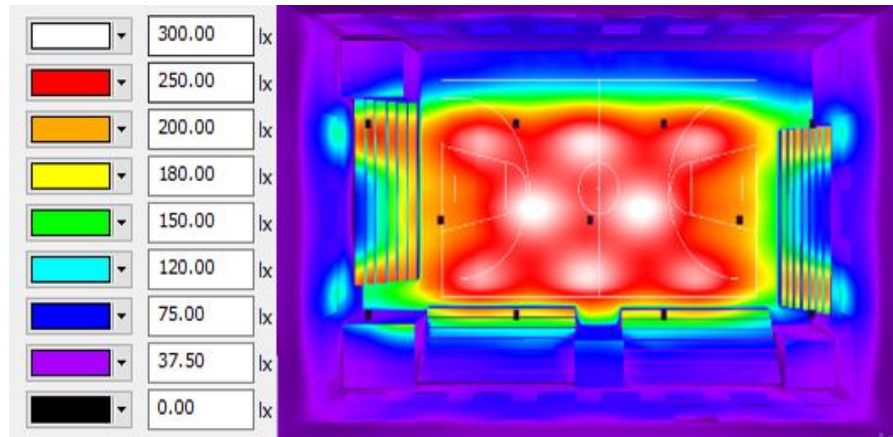
Gambar 4. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Lapangan Basket



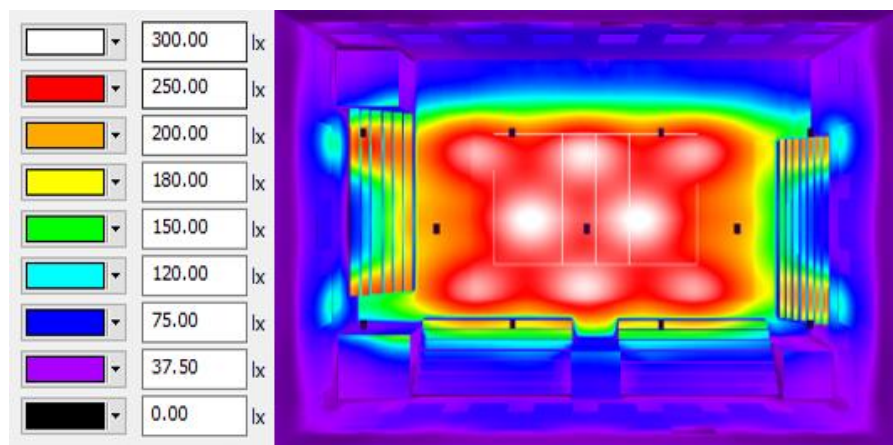
Gambar 5. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Lapangan Bola Voli

### 3.4 Simulasi Dengan Lampu Philips BVP130 1xLED210/740

Pada simulasi ini dilakukan kalkulasi pencahayaan pada lapangan basket dan bola voli untuk mencocokkan data hasil perhitungan tingkat pencahayaan yang telah dilakukan sebelumnya. Spesifikasi lampu sorot yang digunakan adalah Philips BVP130 1xLED210/740 dengan daya 162 watt. Temperatur cahaya sebesar 4000 K yang termasuk dalam warna cahaya putih netral. Hasil Simulasi dengan lampu sorot Philips BVP130 1xLED210/740 lapangan basket dan bola voli ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



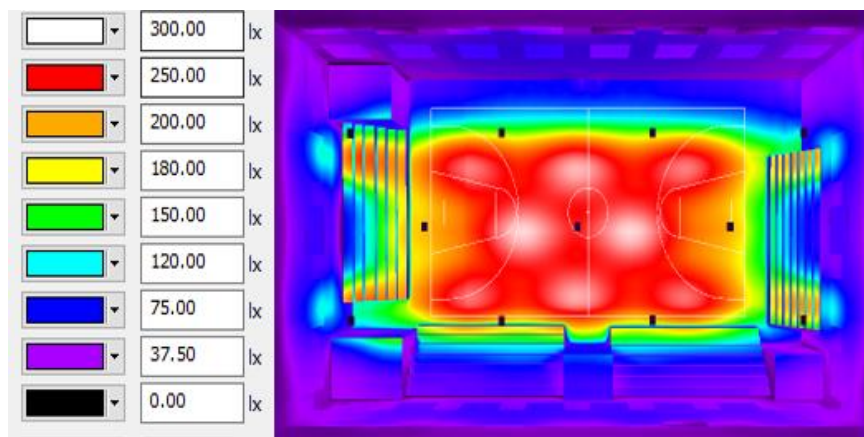
Gambar 6. Hasil Simulasi Philips BVP130 1xLED210/740 Lapangan Basket



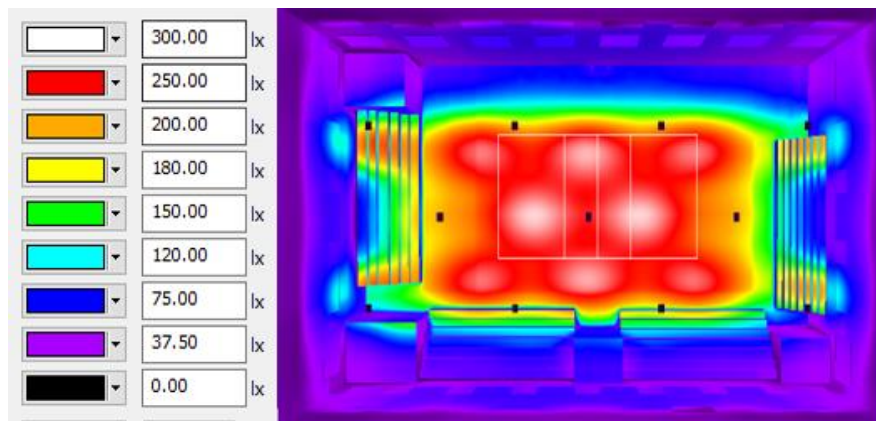
Gambar 7. Hasil Simulasi Philips BVP130 1xLED210/740 Lapangan Bola Voli

### 3.5 Simulasi Dengan Lampu Philips BVP130 1xLED172/830

Pada simulasi ini dilakukan kalkulasi pencahayaan pada lapangan basket dengan menggunakan spesifikasi lampu sorot yang digunakan adalah Philips BVP130 1xLED172/830 dengan daya 164 watt. Temperatur cahaya sebesar 3000 K yang termasuk dalam warna cahaya putih hangat. Hasil simulasi dengan lampu sorot Philips BVP130 1xLED172/830 lapangan basket dan bola voli ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Hasil Simulasi Philips BVP130 1xLED172/830 Lapangan Basket



Gambar 9. Hasil Simulasi Philips BVP130 1xLED172/830 Lapangan Bola Voli

### 3.6 Perhitungan Keseragaman Pencahayaan

Keseragaman pencahayaan adalah distribusi cahaya yang tersebar pada sebuah bidang yang mengacu pada rasio pencahayaan minimum dengan pencahayaan rata-rata pada permukaan tertentu. Semakin seragam distribusi cahaya, semakin baik iluminasi, semakin nyaman pengalaman visual, semakin dekat keseragaman iluminasi dengan 1 dan semakin kecil kelelahan visual.

Keseragaman didefinisikan sebagai hasil bagi  $E_{min}/E_{rata - rata}$  dari pencahayaan minimum dan rata-rata di area tugas visual. Menurut Wilhm dan Dorris (1968) [11], nilai indeks keseragaman berkisar antara 0 – 1, semakin besar nilainya maka jumlah individu yang didapatkan semakin seragam. Persamaan keseragaman ditunjukkan pada Persamaan (9).

$$U = \frac{E_{min}}{E_{rata - rata}} \tag{9}$$

Keterangan:.

$U$  = Keseragaman Pencahayaan

$E_{min}$  = Pencahayaan minimum pada bidang kerja

$E_{rata - rata}$  = Pencahayaan rata – rata pada bidang kerja

Adapun perhitungan keseragaman pencahayaan untuk lampu sorot sebelum dan sesudah evaluasi dapat ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Keseragaman Pencahayaan

No.	Jenis Lampu Sorot	$E_{min}$	$E_{rata - rata}$	Keseragaman ( $U$ )	Keterangan
1.	NVC NFDLED254	62 Lux	180 Lux	0,34	Belum Sesuai Standar
2.	Philips BVP130 1xLED210/740	124 Lux	240 Lux	0,516	Sesuai Standar
3.	Philips BVP130 1xLED172/830	119 Lux	230 Lux	0,517	Sesuai Standar

### 3.7 Perhitungan Pemakaian Energi Listrik Lampu Sorot

Lampu sorot yang digunakan sebelum evaluasi adalah 10 lampu dan setelah evaluasi menggunakan 11 lampu dengan rata – rata dinyalakan selama 10 – 15 jam perhari dan 94 jam

selama seminggu dan total 4 minggu apabila diasumsikan selama sebulan. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (6) - (7), hasil dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pemakaian Energi Listrik

No.	Jenis Lampu Sorot	Daya (Watt)	Energi (W) per bulan	Total biaya	Keterangan
1.	NVC NFDLED254	200	752 kWh	Rp 1.086.414,4/bulan	Sebelum Evaluasi
2.	Philips BVP130 1xLED210/740	162	670 kWh	Rp 967.949/bulan	Sesudah Evaluasi
3.	Philips BVP130 1xLED172/830	164	678,3 kWh	Rp 979.940/bulan	Sesudah Evaluasi

Untuk menghitung seberapa hemat energi listrik yang digunakan dari sebelum adanya evaluasi menggunakan lampu sorot Philips BVP130 1xLED210/740 dan lampu sorot Philips BVP130 1xLED172/830 dapat dihitung dengan Persamaan (8), sehingga dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Persentase Energi Listrik

No.	Jenis Lampu Sorot	Nilai Awal (kWh)	Nilai Akhir (kWh)	Persentase (%)
1.	Philips BVP130 1xLED210/740	752	670	10,9
2.	Philips BVP130 1xLED172/830	752	678	9,8

### 3.8 Analisis Hasil Perhitungan dan Simulasi

Dari hasil pengamatan pada lapangan bola voli dan basket GOR Kridosono Yogyakarta yang mempunyai ukuran aktivitas lapangan yang sama yaitu: 28 meter x 15 meter. Pemakaian sistem pencahayaan untuk lapangan GOR Kridosono dipilih 2 rekomendasi sumber pencahayaan yaitu Philips BVP130 1xLED210/740 dan Philips BVP130 1xLED172/830 yang menghasilkan arus cahaya sebesar 21.000 lumen dan 20.160 lumen. Warna cahaya yang digunakan putih jernih (*cool white*) untuk lampu sorot Philips BVP130 1xLED210/740 dan putih hangat (*warm white*) untuk lampu sorot Philips BVP130 1xLED172/830.

Adapun tingkat pencahayaan lapangan di sebelah utara masih belum maksimal karena letak posisi lapangan tidak berada di tengah posisi lampu sorot yang disusun karena bentuk bangunan GOR Kridosono tidak memiliki tribun di utara, jadi itulah sebabnya pencahayaan di sebelah utara lapangan kurang merata. Untuk itu dilakukan pemilihan jenis lampu sorot dengan arus cahaya lebih tinggi agar rata – rata pencahayaan di area lapangan sesuai dengan standar *Philips Lighting 1986* dan *British Standard European Norm BS-EN 12193:2007* yaitu minimal 200 lux. Perbandingan tingkat pencahayaan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Tingkat Pencahayaan

No.	Ruangan	Pencahayaan Hasil Pengukuran (Lux)	Pencahayaan Hasil Perhitungan (Lux)	Pencahayaan Hasil Simulasi (Lux)	Standar (Lux)
1.	Lapangan Basket I	162,26	180	180	200
2.	Lapangan Bola Voli I	162,26	180	180	200
3.	Lapangan Basket II	162,26	211,2	240	200
4.	Lapangan Bola Voli II	162,26	211,2	240	200
5.	Lapangan Basket III	162,26	202,75	230	200
6.	Lapangan Bola Voli III	162,26	202,75	230	200

#### 4. Kesimpulan

Tingkat pencahayaan GOR Kridosono Yogyakarta saat ini adalah 166,26 lux dan belum memenuhi standar pencahayaan yaitu 200 lux. Berdasarkan perhitungan tingkat pencahayaan, rekomendasi yang diberikan dengan mengganti lampu sorot dengan Philips BVP130 1xLED210/740 dan Philips BVP130 1xLED172/830 didapatkan rata – rata pencahayaan 211,2 lux dan 202,75 lux dan melalui simulasi DIALux 4.13 dengan tingkat pencahayaan yang didapat adalah 240 lux dan 230 lux. Pemakaian energi listrik sistem pencahayaan GOR Kridosono saat ini 752 kWh/bulan dan setelah evaluasi menggunakan lampu sorot Philips BVP130 1xLED172/830, total pemakaian energi listrik 678,3 kWh/bulan sehingga menghemat energi listrik 9,8 % dan jika menggunakan lampu sorot Philips BVP130 1xLED210/740, pemakaian energi listrik 670kWh/bulan sehingga menghemat energi listrik 10,9 %. Evaluasi keseragaman pencahayaan berdasarkan hasil simulasi DIALux 4.13 sudah cukup merata dan memenuhi standar untuk lampu sorot Philips BVP130 1xLED210/740 dan Philips BVP130 1xLED172/830 dengan nilai keseragaman 0,52.

#### Daftar Pustaka

- [1] Hutaeruk, Fajar Okasantoso., Atmam, dan Situmeang, Usaha. (2017) Analisis Intensitas Pencahayaan Pada Lapangan Planet Futsal Rumbai Pekanbaru. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 2(1), 1-10.
- [2] Badan Standar Nasional (BSN). (2000). *SNI 03-6197-2000: Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Madarina, Najma., Asmoro, Wiratno A., dan Justiono, Heri. (2013). “Perancangan Pencahayaan GOR ‘Target’ Keputih dengan Menganalisa Daya serta Menerapkan Konsep Green Building. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 150-155.
- [4] Edison, Kentiler., Situmeang, Usaha., dan Monice. (2019). Analisis Sistem Pencahayaan Terhadap Pemakaian Daya di Perpustakaan Universitas Lancang Kuning. *Teknologi dan Sains*, 5(1), 1-7.
- [5] Isnaeni, Lailatul., Santoso, Hari Hadi., dan Wati, Erna Kusuma. (2019). Optimasi Sistem Pencahayaan Gedung Olah raga Hoki di kota Administrasi Jakarta Selatan. *Jurnal ilmiah GIGA*, 22(1), 33-42.
- [6] Sumardjati P. (2008). Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik untuk Sekolah Menengah

- Kejuruan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 1689–1699.
- [7] Muhaimin, M.T. (2001). *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- [8] Zakeri, Behnam., & Syri, Sanna. (2015). Electrical Energy Storage Systems: A Comparative Life Cycle Cost Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 42(C), 569-596.
- [9] Philips Lighting. (1986). *Light and Perception*. Netherlands: Philips Lighting.
- [10] European Committee for Standardization. (2007). BS EN 12193:2007: *Light and Lighting-Sports Lighting*. London: European Committee for Standardization.
- [11] Wilhm, J.L. & T.C. Dorris. (1968). Biological Parameters for Water Quality Criteria. *BioScience*, 18(6), 477-481.