

Analisis dan Evaluasi Intensitas Pencahayaan pada Penerangan di Lapangan Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya

Rudi Irmawanto¹, Reynanda Bagus Widyo Astomo², dan Bobby Rahmadani Riski³
^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jalan Sutorejo No. 59, Kec. Mulyorejo, Kota Surabaya. 60113
e-mail: rudi.irmawanto@ft.um-surabaya.ac.id

Abstrak—Standar kuat pencahayaan yang dikeluarkan FIFA untuk pelaksanaan suatu pertandingan sepak bola harus lebih besar dari 2000 Lux. Stadion Gelora Bung Tomo merupakan salah satu stadion yang mendapatkan instalasi lampu baru untuk memenuhi regulasi yang diterapkan oleh FIFA. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan uji coba terhadap kuat pencahayaan lampu baru stadion yang sudah terpasang. Untuk menganalisis permasalahan diatas, peneliti menggunakan beberapa metode penelitian, yaitu konsep perhitungan Lumen, metode Lux, dan metode Dialux. Berdasarkan hasil pengamatan, sistem pencahayaan buatan pada Lapangan Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya menggunakan lampu dengan dua jenis yang berbeda yaitu lampu *Panasonic Flood Lighting* LED sebanyak 402 unit dan lampu Philips Konvensional MHNSA sebanyak 16 unit. Dimana tinggi lampu dari permukaan lapangan yaitu 30 meter. Analisis metode Lumen menunjukkan bahwa kebutuhan lampu untuk 2000 lux yaitu sebanyak 371 unit. Hasil perhitungan di lapangan menunjukkan nilai lumen sebesar 2340 lux. Sedangkan dalam metode Dialux didapatkan hasil intensitas cahaya rata-rata sebesar 2919 lux dengan intensitas cahaya terkecil 712 lux dan nilai terbesarnya adalah 3898 lux. Sehingga, dengan menggunakan metode Lumen, Lux, dan Dialux dapat disimpulkan bahwa instensitas cahaya di Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya sudah mencapai lebih dari 2000 lux dan telah sesuai dengan standar FIFA.

Kata kunci: *Pencahayaan, lux, lumen, dialux*

Abstract— *The lighting intensity standard issued by FIFA for a football match must be greater than 2000 Lux. Gelora Bung Tomo Stadium is one of the stadiums that has received new lighting installations to comply with the regulations implemented by FIFA. Based on this, researchers conducted trials on the lighting strength of the new stadium lights that had been installed. To analyze the above problems, researchers used several research methods, namely the Lumen calculation concept, the Lux method, and the Dialux method. Based on observations, the artificial lighting system at the Gelora Bung Tomo Stadium in Surabaya uses two different types of lights, namely 402 units of Panasonic Flood Lighting LED lights and 16 units of MHNSA Conventional Philips lights. Where the height of the lights from the surface of the field is 30 meters. Lumen method analysis shows that the lamp requirement for 2000 lux is 371 units. Field calculation results show a lumen value of 2340 lux. Meanwhile, in the Dialux method, the average light intensity results were 2919 lux with the smallest light intensity being 712 lux and the largest value being 3898 lux. So, by using the Lumen, Lux, and Dialux methods it can be concluded that the light intensity at the Gelora Bung Tomo Stadium in Surabaya has reached more than 2000 lux and is in accordance with FIFA standards.*

Keywords: *Luminance, lux, lumen, dialux*

I. PENDAHULUAN

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam merancang desain suatu ruangan maupun bangunan. Dalam melakukan suatu kegiatan atau aktivitas, pencahayaan dapat menentukan tingkat kenyamanan secara visual. Terdapat dua jenis pencahayaan yang dapat dibedakan berdasarkan sumbernya, yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan alami merujuk pada cahaya yang berasal dari sumber alam seperti matahari. Sedangkan pencahayaan buatan merujuk pada cahaya yang dihasilkan

oleh peralatan elektrik melalui berbagai proses konversi energi. Dalam melakukan perancangan sebuah bangunan, sebagian besar pencahayaan bersumber dari pencahayaan alami. Namun, pencahayaan buatan juga sangat penting dalam perancangan sebuah bangunan. Pencahayaan buatan dibutuhkan untuk memberikan akses ke beberapa ruangan yang tidak terkena oleh sumber pencahayaan alami [1].

Perancangan sistem pencahayaan merupakan faktor yang sama pentingnya. Perancangan yang tidak tepat akan menimbulkan beberapa gangguan ergonomi, seperti tingkat

produktivitas menurun, tekanan secara mental, dan lain sebagainya. Dalam meminimalisir gangguan tersebut, maka perancangan sistem pencahayaan harus dilakukan secara benar serta sesuai dengan standar pencahayaan yang telah diakui. Perancangan yang sesuai antara lain pemilihan jenis lampu dengan tepat dan sesuai kebutuhan, banyaknya lampu yang akan digunakan, serta memenuhi besaran intensitas pencahayaan yang telah ditentukan berdasarkan luas area yang akan mendapatkan penerangan.

Menjelang berbagai event yang ada di stadion, problematika sistem pencahayaan harus dapat diatasi untuk meningkatkan tingkat ergonomi dan efisiensi baik pada sistem pencahayaan maupun sistem kelistrikan. Salah satunya yaitu di Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya. Kegiatan audit sistem pencahayaan ini memiliki tujuan mengetahui persiapan Stadion Gelora Bung Tomo dalam melaksanakan event terutama sepak bola. Sehingga baik pemain dan penonton akan merasa lebih nyaman dalam menikmati pertandingan sepakbola dan meningkatkan tingkat ergonomi fungsionalnya. Penelitian ini akan mengkaji sistem pencahayaan di Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya menggunakan tiga metode yaitu pengukuran, perhitungan, dan simulasi menggunakan aplikasi. Dalam metode perhitungan, peneliti menghitung jumlah dan jenis lampu yang digunakan di dalam Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya. Terdapat beberapa jenis lampu dengan berbagai kapasitas daya yang berbeda digunakan untuk sistem pencahayaan di lapangan Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya. Penelitian ini juga akan memetakan beberapa titik di dalam stadion untuk pengukuran intensitas cahaya (Lux) yang dihasilkan dari lampu-lampu yang digunakan di dalam area Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya. Setiap titik pengukuran intensitas cahaya, nilainya harus memenuhi persyaratan standar pencahayaan dari FIFA. Tujuannya agar pemain merasa nyaman dengan pencahayaan yang ada di dalam area stadion, karena pencahayaan stadion merupakan faktor terpenting dalam berjalannya suatu pertandingan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di lapangan Stadion GBT, peneliti mendapatkan hasil yang menyatakan bahwa sistem pencahayaan di Stadion Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya telah memenuhi standar FIFA untuk melaksanakan event Nasional maupun Internasional.

II. STUDI PUSTAKA

a. Sistem Pencahayaan Bangunan

Salah satu aspek yang sangat penting dalam mencapai lingkungan yang nyaman dan produktif dalam bangunan stadion adalah pencahayaan yang memadai. Pencahayaan yang cukup tidak hanya memberikan visibilitas yang baik bagi para atlet dan penonton, tetapi juga menciptakan atmosfer yang aman di dalam ruangan. Berdasarkan standar SNI nomor 03-3647-1994 bangunan gedung olahraga dan stadion diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu:

1. Tipe A, digunakan untuk melayani wilayah provinsi atau daerah tingkat 1.
2. Tipe B, digunakan untuk melayani wilayah kabupaten atau kotamadya.
3. Tipe C, digunakan untuk melayani wilayah kecamatan.

Pengklasifikasian di atas didasarkan pada ketentuan, ukuran lapangan dan daya tampung penonton. Dengan mempertimbangkan pengklasifikasian tersebut, stadion

olahraga dapat dirancang dan dilengkapi dengan sistem pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan setiap tipe Gedung [2].

Tabel 1. Klasifikasi Stadion [2]

	TIPE		
	A	B	C
Definisi	Stadion yang dalam penggunaannya melayani wilayah Propinsi / Daerah Tingkat I	Stadion yang dalam penggunaannya melayani wilayah Kabupaten / Kotamadya	Stadion yang dalam penggunaannya melayani wilayah Kecamatan
Kapasitas Penonton	30.000 – 50.000	10.000 – 30.000	5.000 – 10.000
Jumlah lintasan lari minimal	100 m	8	8
	400 m	8	6

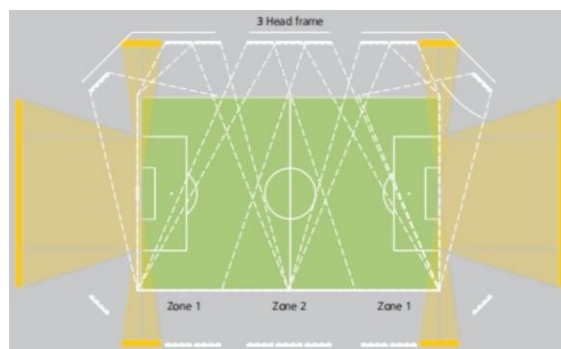
Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa Stadion Gelora Bung Tomo merupakan Stadion Kelas 1 dengan Tipe A karena memiliki kapasitas tribun hingga 44.200 kursi. Hal ini menunjukkan peran vital sistem pencahayaan untuk menerangi stadion yang berkapasitas hingga 45.000 orang termasuk pemain sepak bola.

Berdasarkan tingkat pencahayaan yang ada di area stadion dan penggunaannya, maka cahaya minimal yang dibutuhkan yaitu:

- Latihan : 100 lux
- Pertandingan : 300 lux
- Pengambilan dokumentasi video : 1000 lux

Berdasarkan tata letak sumber cahaya, maka cahaya yang dibutuhkan yaitu :

- Diletakkan di dalam stadion di ke empat sudut lapangan yang membentuk sudut 5 dari titik tengah sisi memanjang dan 10 hingga 25 dari titik tengah penjaga gawang.
- Diletakkan di atap stadion dengan jarak minimal 50 cm hingga 60 cm antara 2 tiang lampu yang diletakkan di tengah sisi memanjang bagian lapangan.



Gambar 1. Detail lampu lapangan pada Stadion

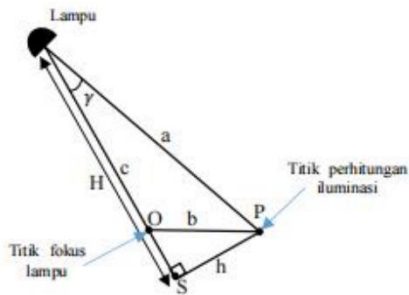
Gambar 1 menunjukkan titik lampu yang terpasang di lapangan Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya.

b. Metode Lumen

Lumen merupakan tingkat kecerahan yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Sedangkan Lux menunjukkan tingkat kecerahan yang diterima (terpapar) akibat adanya sumber cahaya. Penelitian ini akan melakukan perhitungan, pengukuran, dan simulasi menggunakan aplikasi Lumen untuk menentukan intensitas lumen dan lux pencahayaan lampu yang ada di Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya.

Gambar 2 menunjukkan sudut arah lampu pada stadion, dimana untuk menentukan jarak di setiap titiknya dapat digunakan aturan pythagoras sebagai berikut [3].

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (1)$$



Gambar 2. Sudut arah lampu pada Stadion

Berdasarkan persamaan di atas, dapat dicari keliling setengah segitiga yang akan digunakan untuk menentukan luas segitiga sudut antara lampu (d), yaitu:

$$d = (a + b + c) / 2 \quad (2)$$

$$S = ((d) (d-a) (d-b) (d-c))^{1/2} \quad (3)$$

Dimana S menunjukkan luas segitiga, dan d merupakan keliling setengah segitiga.

Illuminasi cahaya secara horizontal berdasarkan standar IESNA dapat dilihat pada persamaan di bawah ini [4].

$$N = (E \times A) / (n \times F \times K_d) \quad (4)$$

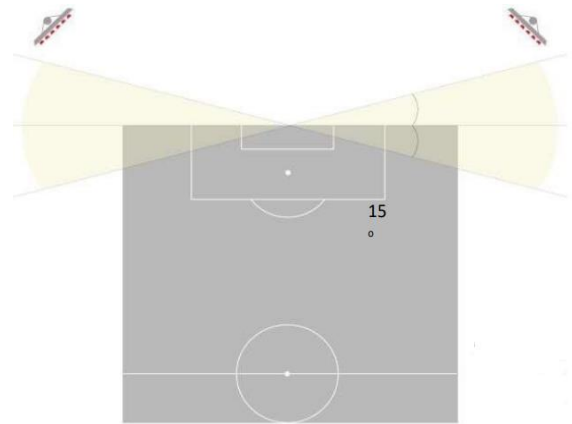
Dimana N menunjukkan jumlah lampu, E adalah Lux yang direncanakan, A merupakan ukuran lapangan sepak bola, n merujuk pada efisiensi lampu (0,5), F adalah lumen lampu yang digunakan, dan K_d merupakan koefisien depresiasi (0,8).

Intensitas penerangan E dengan satuan lux sama dengan jumlah lumen Φ per meter persegi. Sehingga, jumlah fluks cahaya yang diperlukan untuk bidang kerja seluas x meter adalah [5].

$$\Phi = E \times A \quad (5)$$

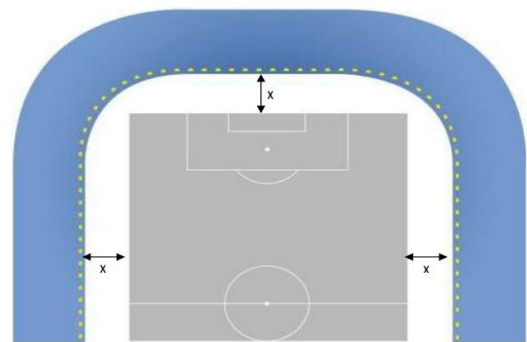
Dengan Φ adalah fluks penerangan (lumen), E merujuk pada intensitas penerangan (lux), dan A merupakan luas (m^2).

Penempatan lampu memiliki dampak besar pada kondisi pencahayaan lapangan. Posisi pemasangan lampu akan berdampak secara langsung pada tingkat iluminasi yang ditimbulkan di lapangan dan keseragaman objek yang ada di semua bidang. Posisi pemasangan juga akan berdampak pada penciptaan bayangan pemain dan kenyamanan visual yang dialami oleh pemain, official, dan penonton. Dalam peraturannya, FIFA merekomendasikan agar semua desain pencahayaan lapangan baru harus berfokus untuk memastikan tingkat kenyamanan pemain agar tetap terjaga [6].



Gambar 3. Sudut deretan lampu yang ada di stadion GBT

Berdasarkan gambar 3, jika sistem penempatan tiang lampu stadion menggunakan sistem 4 titik maka lampu tidak boleh dipasang dalam jarak 15° dari kedua sisi garis gawang [7].

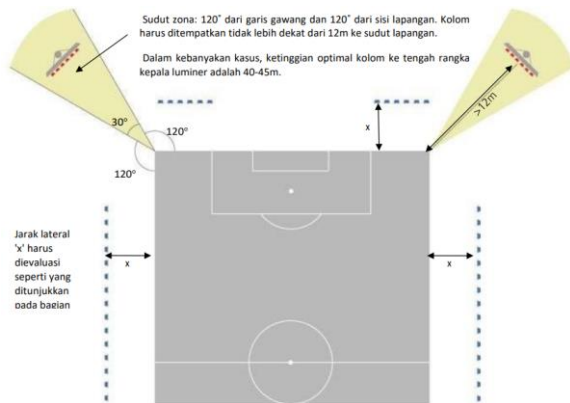


Gambar 4. Sistem pencahayaan melingkar

Tabel 2. Standar jarak lampu terhadap tepi lapangan

Ketinggian Luminaire	Jarak Lateral (x)	Jarak Lateral (x)
16 meter	>5,8 meter	>8,3 meter
20 meter	>7,3 meter	>10,4 meter
24 meter	>8,7 meter	>12,5 meter
28 meter	>10,2 meter	>14,6 meter
32 meter	>11,6 meter	>16,7 meter

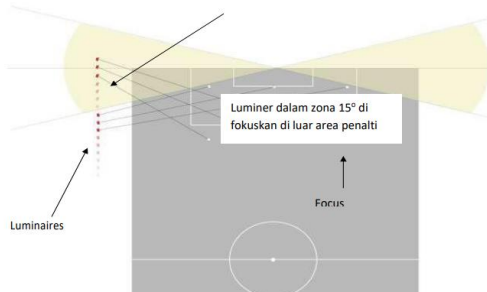
Jika penerangan lapangan ditempatkan melalui satu jalur lampu di sekitar struktur tepi atap stadion seperti yang terlihat di gambar 4, maka lampu harus diposisikan dengan jarak lateral yang cukup dari perimeter lapangan untuk memastikan tingkat pencahayaan vertikal yang diperlukan dan keseragaman pencahayaan dapat dicapai. Berdasarkan tabel 2, sudut yang lebih besar dari 20° antara perimeter lapangan dan lampu harus dipertahankan. Sudut optimal adalah 25° - 30° untuk sebagian besar posisi lampu yang ada di stadion. Jarak lampu juga harus dievaluasi berdasarkan hubungannya dengan posisi pemasangan lampu yang akan diusulkan. Jika jarak titik lampu tidak mencukupi, dapat menyebabkan kualitas pencahayaan yang buruk dan akan menghasilkan bayangan saat pemain yang berdiri di tengah lapangan [8].



Gambar 5. Sudut lampu 4 titik

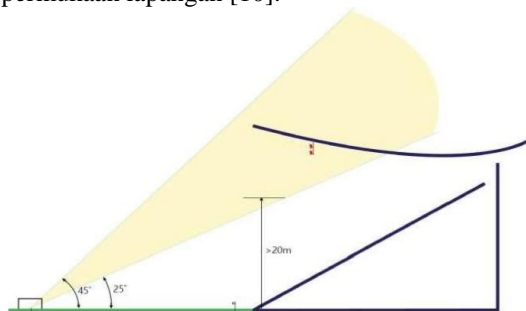
Pada gambar 5, lampu tambahan dapat digunakan dalam sistem penerangan yang memiliki kolom sudut. Dalam gambar tersebut, susunan jarak lampu yang dipasang pada struktur atap stadion telah diterapkan (yang ditunjukkan dengan warna biru) [9].

Sudut lampu linier (gambar 6) menjadi pertimbangan tambahan yang harus diberikan untuk memastikan bahwa pemain di area penalti tidak terpengaruh oleh intensitas cahaya berlebih (silau). Rangkaian lampu linier umumnya mampu mempertahankan tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh pemain. Jika titik fokus lampu dibuat linier rupa, maka pemain dapat berdiri di area penalti dan melihat ke arah sudut tanpa hambatan.

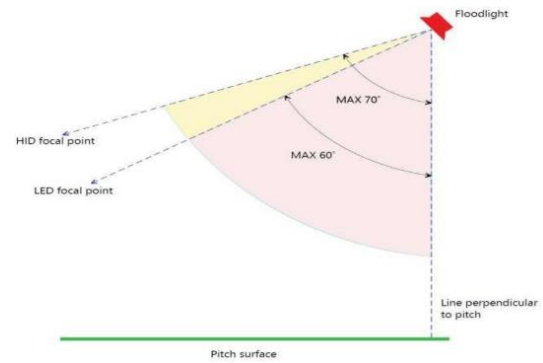


Gambar 6. Sudut lampu linier

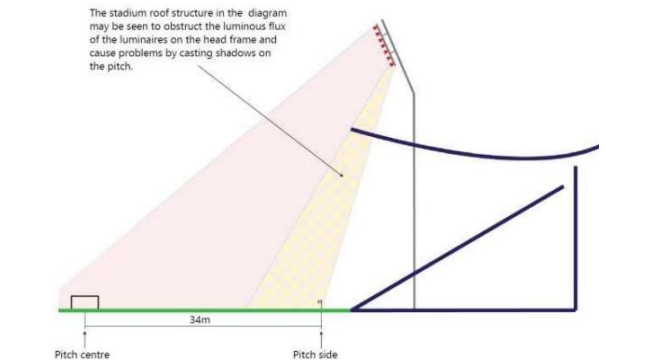
Lampu yang dipasang dalam jarak 15° dari garis gawang harus difokuskan jauh dari kotak penalti, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Beberapa susunan lampu tidak boleh diposisikan dalam jarak 15° dari kedua sisi garis gawang. Susunan lampu linier yang digunakan untuk tujuan ini tidak boleh terdiri lebih dari dua baris. Berdasarkan standar penerangan lapangan oleh FIFA, Lampu tidak boleh dipasang kurang dari 25° atau lebih dari 45° di atas pusat lapangan dan harus dipasang setidaknya 20 – 25 meter di atas permukaan lapangan [10].



Gambar 7. Zona pemasangan lampu



Gambar 8. Titik fokus lampu

Gambar 9. Lampu stadion tidak boleh terhalang (*shadow*) oleh objek lain

Untuk menghindari intensitas cahaya berlebih (silau) yang diterima oleh pemain, maka prosedur pemasangan lampu harus memastikan bahwa sudut titik fokus lampu tidak lebih dari 70° dari garis imajiner tegak lurus terhadap lapangan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.

III. METODE

A. Metode Lumen

Dalam pengambilan data dilakukan di Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya, data terkait spesifikasi lampu dan sistem pencahayaan lapangan Stadion Gelora Bung Tomo yang didapatkan dapat dilihat di tabel 3.

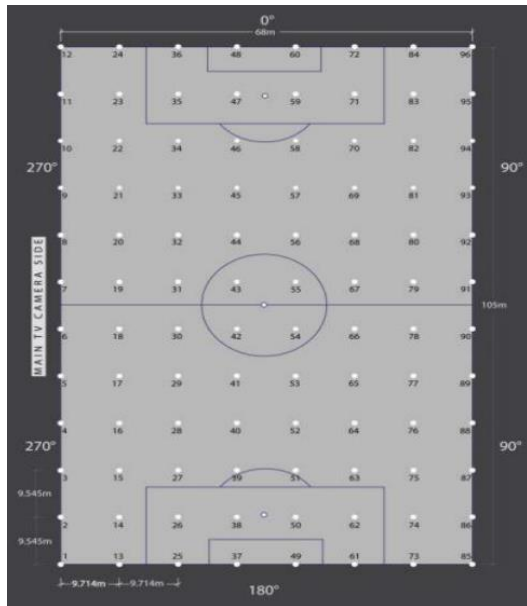
Tabel 3. Data spesifikasi lampu dan lokasi penelitian

Data Lokasi dan Pencahayaan	
Nama Stadion	Gelora Bung Tomo
Kota	Surabaya
Ukuran Lapangan	106 m x 70 m
Jenis Lampu	1. Panasonic Flood Lightning LED
	2. Phillips Konvensional MHNSA
Merk Lampu dan Unit	1. Panasonic 402 unit 2. Phillips 16 unit
Ketinggian Lampu	30 meter

Dalam melakukan pengukuran Lux di lapangan yang sesuai dengan standard FIFA, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran luas bidang lapangan sepak bola. Dimana hasil pengukuran lapangan di dapatkan panjang 106 meter dan lebar 70 meter. Kemudian dilakukan penandaan titik-titik (*points*) yang akan dijadikan titik pengukuran Lux. Buku *FIFA Lighting Guide* menjadi referensi bagi peneliti dalam menentukan titik pengukuran intensitas cahaya. Dimana titik di lapangan dibagi menjadi 96, dengan jarak tiap titik adalah 10 meter. Denah titik pengukuran dapat dilihat pada gambar 10.

Sedangkan proses pengukuran intensitas cahaya di setiap titik dilakukan menggunakan Lux meter dengan spesifikasi merk TASI TA8131 – 200003121, dengan ketinggian alat ukur (menggunakan tripod) sebesar 1 meter di atas permukaan tanah. Dokumentasi proses pengukuran dapat dilihat di gambar 11.

Pada setiap titik di tengah lapangan Stadion, di lakukan pengukuran Lux menggunakan Lux meter pada titik tengah setiap spot sebanyak 1 kali dengan posisi Lux meter Horizontal dan 4 kali dengan posisi Lux meter vertikal pada 0° , 90° , 180° , dan 270° .



Gambar 10. Titik-titik (points) pengukuran Lux di lapangan



Gambar 11. Proses pengukuran Lux lampu lapangan Stadion

Setiap berhenti pada satu titik pengukuran diusahakan tidak menutupi dari alat Lux meter, selanjutnya dilakukan pencatatan pada tabel pengukuran untuk dilakukan penjumlahan rata-rata jumlah iluminasi cahaya atau Lux.



Gambar 12. Pengukuran secara horizontal dan vertikal

B. Software Dialux

Langkah-langkah dalam membuat simulasi pencahayaan pada aplikasi Dialux yaitu dengan membuat lembar kerja baru pada aplikasi di new project.

1. Pilih *draw rectangular floor element* untuk membuat bidang datar lapangan disesuaikan dengan ukuran lapangan Stadion Gelora Bung Tomo.
2. Pada menu *constructur* pilih menu *furniture and objek* kemudian pilih *select* dan cari *football pitch*, atur dan sesuaikan pada bidang lapangan yang sudah dibuat.
3. Beri warna lapangan atau rumput dengan item material, lalu pilih *select*, *catalouge*, dan pilih *colour* warna *grass*.
4. Kemudian buat tribun dan cari pada item *furniture and objek*.
5. Pembuatan desain atap tribun dapat menggunakan *rectangular floor element* dan digeser ke atas tribun.
6. Penyesuaian Ukuran ketinggian diatur pada 30 meter
7. Setelah stadion sudah selesai, klik menu *light* dan pilih *luminaires*.
8. Pilih *select* dan file lampu yang sudah di download sebelumnya.
9. Klik *draw light arangement* kemudian atur luminaires sesuai kebutuhan lampu.
10. Geser dan letakan lampu secara seri atau sejajar pada atap tribun.
11. Lakukan kembali langkah 9 dan 10 untuk penempatan rangkaian lampu pada posisi lainnya.
12. Setelah selesai terpasang atur kemiringan lampu dan sudutnya mengarah ke bidang lapangan.
13. Klik *Entire All project all scene* untuk melihat hasil dari simulasi
14. Dan hasilnya simulasi akan keluar berupa data lengkap mulai dari Lux, jumlah daya yang diperlukan, bidang lapangan mana saja yang masih kurang pencahayaannya

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Metode Lumen

Diketahui bahwa ketinggian lampu yaitu 30 meter dari permukaan tanah dan belum diketahui jarak dari lampu ke arah titik penghitungan, maupun jarak dari lampu ke titik fokus lampu. Sehingga dapat dihitung persamaan untuk mengetahui jarak dari kedua titik tersebut adalah sebagai berikut.

$$a = ((30)^2 + (57,1)^2)^{1/2} = (4160,41)^{1/2} = 64,50 \text{ meter}$$

$$c = ((30)^2 + (28)^2)^{1/2} = (1684)^{1/2} = 41,03 \text{ meter}$$

Didapatkan sisi a dengan ukuran 64,50 meter dan pada sisi c dengan ukuran 41,03 meter. Berikutnya menghitung dari keliling setengah segitiga (semi perimeter).

$$d = (a+b+c)/2 = (64,50+29,1+41,03)/2 = 67,31 \text{ meter}$$

Sehingga didapatkan nilai dari keliling setengah segitiga yaitu 67,31 meter. Kemudian hasil dari a , b , c dan d digunakan untuk mencari luas segitiga.

$$S = ((d)(d-a)(d-c))^{1/2} = (189,928)^{1/2} = 435,8 \text{ m}^2$$

Di dapatkan luas segitiga sebesar adalah 435,8 m^2 .

$$h = (2.S)/c = 2 \cdot (435,8)/41,03 = 21,1 \text{ meter}$$

$$H = (a^2 - h^2)^{1/2} = (3714,79)^{1/2} = 60,9 \text{ meter}$$

$$Y = \cos^{-1}(H/a) = 19,26^\circ$$

$$\varepsilon = \cos^{-1}(29/64,50) = 63,89^\circ$$

Dari sini akan di dapatkan besar sudut dari Y adalah $19,26^\circ$ dan ε adalah $63,89^\circ$ antara titik fokus dan titik

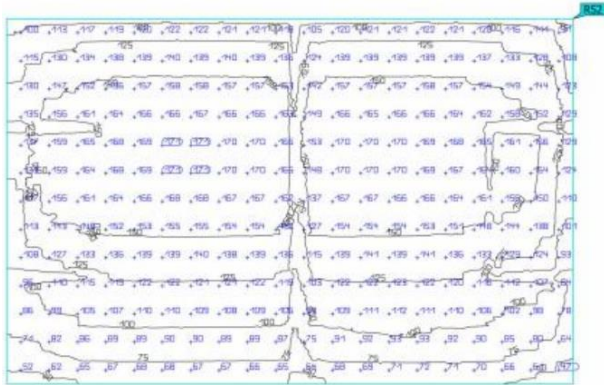
perhitungan. Dalam metode ini juga dilakukan perhitungan kebutuhan lampu berdasarkan target lux yang dibutuhkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$N = 2000 \times 106 \times 70 / 0,5 \times 100.000 \times 0,8 = 371 \text{ unit}$$

Jadi jumlah lampu yang dibutuhkan dengan target Lux >2000 lux adalah sebanyak 371 unit dengan lumen diatas 100.000 lumen.

$$\Phi = E \times A = 2340 \text{ Lux} \times 1120 \text{ m}^2 = 2.620.800 \text{ Lumen}$$

Hasil perhitungan sesuai teori maka lumen yang di dapatkan pada pencahayaan lapangan adalah sebesar 2.620.800 lumen.



Gambar 13. Hasil simulasi software Dialux di bidang objek 3 bidang

B. Hasil Pengukuran Lux

Dari hasil pengukuran Tabel 4 Hasil Pengukuran Lux (dapat dilihat dihalaman berikutnya) yang sudah dilakukan di lapangan Stadion GBT Surabaya, didapatkan bahwa beberapa titik memiliki hasil pengukuran yang berbeda baik secara pengukuran horizontal (Hrz) maupun vertikal.

C. Simulasi Menggunakan Dialux

Dari data yang di dapatkan dari simulasi Dialux, total Lumen sejumlah 57690120 lumen. Sedangkan untuk daya di dapat 437507,2 Watt, dan dari analisa data didapatkan besaran efektifitas luminous sebesar 131,9 lm/W. Data Luminaire dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data Luminaire

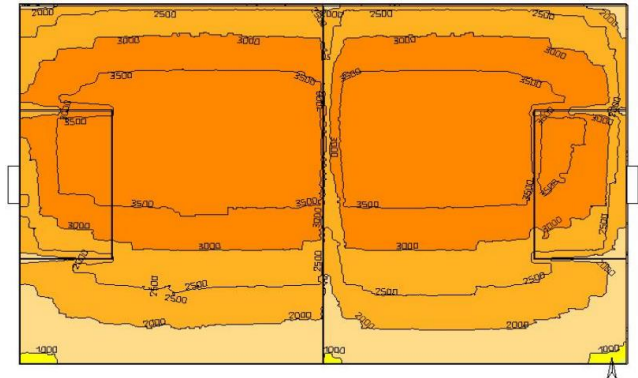
Nama Merk Lampu	P (W)	Φ (lumen)	Efisiensi Luminous
Floodlight IP65 1000W 5700K	996,8	136318	136,8 lm/W
MVF403 2000W/400V	2175	163603	75,2 lm/W

Dari hasil simulasi pada bidang objek 3 yaitu bidang lapangan di dapatkan intensitas cahaya rata-rata adalah 129 cd/m² dengan nilai terendah 31,4 cd/m² dan nilai tertingginya adalah 172 cd/m².

Gambar 14 merupakan tampilan *false colour* atau temperatur warna yang terdampak oleh pencahayaan lampu, semakin gelap warna yang di dapat pada wilayah bidang lapangan tersebut maka semakin besar juga nilai lux yang di dapatkan pada posisi tersebut.

Total hasil yang sudah di dapatkan dari simulasi ini untuk Lux pada objek 2 adalah 2395 lx. Sedangkan untuk objek 3 pada bidang lapangan didapatkan nilai 2919 lx. Pada

intensitas cahaya juga didapatkan nilai pada objek 2 dengan rata-rata 686 cd/m² dan pada objek 3 memiliki rata-rata sebesar 129 cd/m².



Gambar 14. Tampilan *false colour* (temperatur warna)

Tabel 6. Hasil kalkulasi objek setelah proses simulasi

Properti	Φ	Min	Max	g1	g2
Objek 2	2395 lx	1187 lx	3903 lx	0,5	0,30
Objek 2	686 cd/m ²	340 cd/m ²	1118 cd/m ²	0,5	0,30
Objek 3	2919 lx	712 lx	3898 lx	0,24	0,18
Objek 3	129 cd/m ²	31,4 cd/m ²	172 cd/m ²	0,24	0,18

Sehingga dapat ditentukan jumlah lux pada objek 3 lebih besar dari objek 2 karena objek 2 merupakan item furniture yang wilayah objeknya kecil. Sedangkan untuk intensitas cahaya sebaliknya, karena objek 3 lebih besar sehingga fokus intensitas cahaya lebih banyak dari pada fokus bidang objeknya.

V. KESIMPULAN

Kebutuhan daya Lux pada Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya sesuai standard B FIFA untuk penyelenggaraan event sepak bola nasional dan internasional adalah lebih besar 2000 Lux dan hasil yang telah didapatkan yaitu dari hasil metode pengukuran lux meter. Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya didapati hasil rata-rata Lux sebesar 2340 Lux sedangkan menurut FIFA *lighting book* untuk pelaksanaan event sepak bola yang masuk dalam kategori standard B kebutuhan Lux harus lebih besar dari 2000 Lux. Sehingga sistem pencahayaan di Stadion Gelora Bung Tomo Surabaya dianggap sudah sudah memenuhi standard B FIFA dan layak untuk penyelenggaraan event sepak bola di tingkat nasional maupun internasional.

Sedangkan dalam metode simulasi Dialux, dibuat design stadion mulai dari ketinggian lampu dan penempatan lampu yang disesuaikan dengan data spesifikasi dilapangan serta jenis dan rincian daya lumen pada lampu. Pada simulasi tersebut telah didapatkan hasil dengan Lux rata-rata sebesar 2919 Lux dengan nilai Lux terkecilnya sebesar 712 Lux dan nilai terbesarnya 3898 Lux. Hal ini dan memenuhi pencahayaan standard B dari FIFA untuk pelaksanaan event sepak bola di tingkat nasional maupun internasional.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Lux

Spot	Hasil Pengukuran Lux					Spot	Hasil pengukuran Lux				
	Hrz	Vertikal					Hrz	Vertikal			
		0 ⁰	90 ⁰	180 ⁰	270 ⁰			0 ⁰	90 ⁰	180 ⁰	270 ⁰
1	2040	1540	1540	920	1960	49	2360	1630	1270	1670	1980
2	2030	1940	930	780	1610	50	2550	2190	1080	2670	2370
3	2060	1960	970	870	1590	51	2290	1900	1070	2560	2300
4	2080	2080	1160	910	1740	52	2120	1880	1220	2410	2060
5	2500	2000	1180	970	1560	53	2260	1940	1480	2400	1830
6	2030	1830	1180	1090	1250	54	2460	2220	1780	2600	1870
7	2350	1780	1190	1160	1120	55	2520	2240	2130	2610	1750
8	2550	2030	1600	1060	1120	56	2320	2050	2060	2500	1340
9	2230	2130	1480	960	920	57	2130	1860	1870	2330	1080
10	2550	1990	1480	880	920	58	2300	1940	2210	2330	1130
11	2030	1990	1620	760	970	59	2540	2270	2500	2640	940
12	2090	2020	1250	630	750	60	2390	1590	2260	2680	930
13	2380	2600	1050	820	820	61	2540	1030	2380	2860	880
14	2520	2700	2050	1060	1030	62	2500	1460	2370	2740	1620
15	2510	2680	2320	1160	1120	63	2360	1470	2060	2520	880
16	2450	2610	2030	1200	1210	64	2340	1430	2310	2610	1170
17	2520	2660	2160	1370	1340	65	2450	1640	2080	2720	1340
18	2410	2590	1830	1480	1640	66	2540	1870	2230	2750	1640
19	2350	2560	1480	1380	1810	67	2570	1820	2000	2820	1980
20	2400	2600	1270	1250	1970	68	2350	1610	1450	2660	2000
21	2410	2620	1210	1140	2350	69	2500	1460	1120	2620	2040
22	2420	2640	1130	1120	2370	70	2360	1470	1050	2840	2310
23	2380	2600	1020	1060	2160	71	2460	1520	1110	2860	2340
24	2330	2400	790	810	1680	72	2590	1120	1180	2920	2210
25	2430	2830	850	1190	2100	73	2460	810	860	2630	1490
26	2460	2780	1100	1500	2580	74	2540	990	1110	2830	2310
27	2350	2650	1090	1470	2270	75	2410	1060	1310	2800	2330
28	2310	2580	1170	1500	2260	76	2310	1100	1270	2670	2040
29	2400	2660	1310	1620	2220	77	2430	1350	1260	2690	1910
30	2500	2670	1670	1750	2240	78	2500	1460	1700	2850	1860
31	2350	2620	1910	1930	1480	79	2530	1500	1830	2690	1910
32	2450	2620	2900	1730	1240	80	2410	1310	2050	2640	1210
33	2320	2620	2290	1530	1200	81	2300	1130	2160	2620	1060
34	2480	2780	2320	1480	1200	82	2330	1090	2320	2400	930
35	1570	2820	2300	1520	1080	83	2350	980	2280	2580	1000
36	2530	2860	2060	1130	930	84	2300	700	1890	2590	800
37	2300	2620	2050	1510	960	85	2040	540	1720	2060	870
38	2580	2640	2490	2280	990	86	1900	1540	1880	2880	880
39	2300	2620	2050	1510	960	87	2350	830	1600	2050	850
40	2210	2340	2080	1940	1260	88	2050	900	1510	2050	880
41	2320	2410	1930	2070	1340	89	2550	1040	1420	2110	1050
42	2460	2580	2030	2320	1760	90	2250	1180	1470	2280	1150
43	2390	2560	1720	2260	2040	91	2370	1160	1540	2490	1370
44	2160	2340	1380	2020	2050	92	2180	990	1060	2260	1460
45	2130	2320	1190	1940	2110	93	2040	890	730	1880	1090
46	2260	2380	1080	1980	2330	94	2080	830	890	2070	1480
47	2500	2660	1210	2210	2540	95	2160	740	960	2280	1750
48	2310	2610	860	1620	1950	96	2250	580	1020	2310	1720

REFERENSI

- [1] Sanyoto, Rizky Luhur. Medilla Kusriyanto. *Studi Kelayakan Perancangan Sistem Pencahayaan Stadion Moch. Subroto Magelang*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia
- [2] Ghaffar, Ahmad Faruq Abdul. Karnoto. Agung Nugroho. 2017. *Perancangan Sistem Pencahaya Buatan pada Lapangan Stadion Universitas Diponegoro dengan menggunakan DIALux 4*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [3] Sihombing, Andreas Hasian. Karnoto. Hermawan. 2019. *Redesain Sistem Elektrikal Stadion Citarum (Bagian Penerangan Lampu)*. Semarang. Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [4] Alamin, Muhammad Saleh, Emidiana dan Nita Nurdiana. 2020. *Evaluasi Kesialauan Lampu Penerangan Lapangan Stadion Bumi Sriwijaya Terhadap Kuat Penerangan Lampu Eksisting*. Palembang. Prodi Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang.
- [5] Anggara, Fariz Ray. 2021. *Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Lapangan Sepak Bola Universitas Islam Indonesia*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia
- [6] IESNA, 2000, *Lighting Handbook*, New York
- [7] FIFA, *International Illuminance Services*. 2020. FIFA Lighting guide Standards, requirements and guidance for pitch illuminance systems at FIFA tournament stadiums and training sites. Switzerland.
- [8] Sánchez, Rami David Orejón. Manuel Jesús Hermoso Orzáez. Alfonso Gago-Calderón. 2020. *LED Lighting Installations in Professional Stadiums: Energy Efficiency, Visual Comfort, and Requirements of 4K TV Broadcast*. Malaga. MDPI.
- [9] Putranto, Hari, Slamet Wibawanto dan Alif Pradana. 2021. *Modul Perencanaan Pencahayaan*. Ahlimedia Press. Instalasi Penerangan Listrik. Mal
- [10] Zakeri, Behnam., & Syri, Sanna. (2015). *Electrical Energy Storage Systems: A Comparative Life Cycle Cost Analysis*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, 42(C),