

## REDESAIN SISTEM PENERANGAN STADION JATIDIRI SEMARANG

Bagas Laksito<sup>\*)</sup>, Karnoto dan Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)E-mail: bagaslaksito@gmail.com</sup>

### Abstrak

Stadion Jatidiri merupakan stadion utama Kota Semarang yang sudah berdiri sejak tahun 1991. Seiring berjalannya waktu, Stadion Jatidiri mengalami penurunan kualitas baik secara infrastruktur maupun dari sistem elektrikalnya. Penerangan lapangan Stadion Jatidiri yang menggunakan desain 4 titik tidak memenuhi standar iluminasi SNI 03-3647-1994 dan standar kerataan AFC *Stadium Lighting Guide* 2018. Kondisi yang tidak sesuai standar tersebut diperparah oleh kerusakan beberapa lampu sorot di setiap tiangnya. Hal tersebut mengakibatkan Stadion Jatidiri tidak bisa dipakai secara efektif saat malam hari. Berdasarkan hal tersebut, penulis merancang sebuah desain sistem penerangan di Stadion Jatidiri Semarang yang sesuai dengan SNI 03-3647-1994 menggunakan *software* bantu Dialux 4.13. Pada perancangan, digunakan dua desain yakni desain 4 titik dan desain melingkar yang kemudian dua desain tersebut dibandingkan satu sama lain. Hasil dari simulasi dengan menggunakan lampu Philips ArenaVision MVF404 didapatkan secara keseluruhan nilai iluminasi pada desain 4 titik dan desain melingkar telah sesuai dengan standar SNI 03-3647-1994, yaitu kelas 1 200 lux, kelas 2 300 lux dan kelas 3 1000 lux. Selain itu, didapatkan nilai silau yang tidak lebih dari 50, nilai kerataan menyeluruh ( $u_0$ ) lebih dari 0,7 dan nilai kerataan memanjang ( $u_1$ ) lebih dari 0,5 sesuai dengan CIE 112-1994 dan AFC *Stadium Lighting Guide* 2018.

Kata kunci: Penerangan, Iluminasi, Dialux

### Abstract

*Jatidiri Stadium is the main stadium of Semarang City established since 1991. Over time, Jatidiri Stadium experienced a decrease in both infrastructure and electrical system quality. The lighting system of Jatidiri Stadium which is 4-points designed, can not attain illumination standard of SNI 03-3647-1994. The limited availability of lighting at Jatidiri Stadium worsened by damaged floodlights. This condition leads to unqualified condition of the field for night use. Based on the circumstance, the author designed a lighting system design at Jatidiri Stadium Semarang accordance with SNI 03-3647-1994 using Dialux 4.13 software. In the design, two designs were used, namely 4-points design and circular design. The results of the simulation, using Philips ArenaVision MVF404 lamps, found that overall the illumination values in the 4-point design and circular design were in accordance with SNI 03-3647-1994 standards, class 1 was 200 lux, class 2 was 300 lux, and class 3 was 1000 lux. In addition to the illumination value, found the Glare Rate Maximum value which was less than 50, the uniformity value of  $u_0$  is more than 0.7 and the uniformity value of  $u_1$  is more than 0.5 according to CIE 112-1994 and the AFC Stadium Lighting Guide 2018.*

Keywords: lighting, illumination, Dialux

### 1. Pendahuluan

Penerangan lapangan Stadion Jatidiri yang menggunakan desain 4 titik tidak memenuhi standar iluminasi SNI 03-3647-1994 dan standar kerataan AFC *Stadium Lighting Guide* 2018. Kondisi penerangan yang tidak sesuai standar tersebut diperparah oleh kerusakan beberapa lampu sorot di setiap tiangnya sehingga menyebabkan nilai iluminasi semakin jauh dari standar. Hal tersebut mengakibatkan Stadion Jatidiri tidak bisa dipakai secara efektif saat malam hari. Dampak dari permasalahan tersebut, Pemerintah Daerah melalui Dinas Pemuda, Olahraga, dan Pariwisata

Provinsi Jawa Tengah mengambil tindakan untuk melakukan renovasi terhadap Stadion Jatidiri Semarang.

Beberapa persyaratan dasar untuk rancangan penerangan buatan yang baik, yaitu memiliki penerangan yang memadai dalam memenuhi permintaan setiap kelas permainan dan jarak pandang maksimum penonton, memperbaiki dan memusatkan distribusi cahaya dari lampu sorot (*floodlight*) untuk memastikan pemanfaatan cahaya yang optimal sehingga memudahkan penglihatan untuk pemain dan penonton, serta pemerataan penerangan [1].

Aspek lain dari merancang sistem pencahayaan adalah konsumsi daya untuk pencahayaan. Pemilihan dan

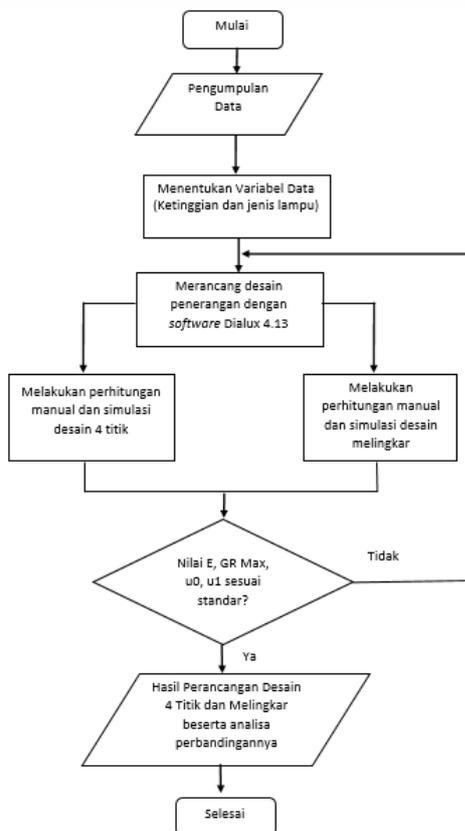
penempatan dari lampu yang digunakan akan mempengaruhi jumlah lampu yang digunakan, secara otomatis juga dapat menghemat konsumsi daya yang digunakan[2].

Penelitian penulis adalah merancang sebuah desain sistem penerangan di Stadion Jatidiri Semarang menggunakan *software* bantu Dialux 4.13 yang sesuai dengan SNI 03-3647-1994. Berdasarkan SNI 03-3647-1994, terdapat 3 kondisi kelas dimana kelas 1 untuk kebutuhan latihan diperlukan minimal 200 lux, kelas 2 untuk kebutuhan pertandingan diperlukan minimal 300 lux, dan kelas 3 untuk kebutuhan pengambilan video dokumentasi dibutuhkan minimal 1000 lux[3]. Selain SNI 03-3647-1994, digunakan juga pedoman nilai kerataan dari AFC *Stadium Lighting Guide* 2018 dimana dibutuhkan nilai kerataan menyeluruh minimal 0,7 dan nilai kerataan memanjang minimal 0,5[4]. Sedangkan untuk standar nilai silau digunakan standar CIE 112-1994 dimana nilai *glare rating* (silau) untuk *sports lighting* tidak lebih dari 50[5]. Pada perancangan yang penulis buat, terdapat dua desain yakni desain 4 titik dan desain melingkar yang kemudian dua desain tersebut dibandingkan satu sama lain.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

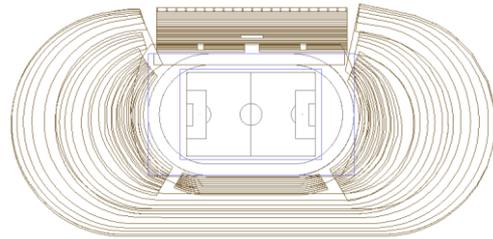
Metode penelitian diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.2. Data Penelitian

Data yang diperoleh berupa ukuran lapangan Stadion Jatidiri Semarang. Stadion ini memiliki lapangan sepak bola dengan ukuran (107 x 70) meter. Gambar *layout* stadion diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Layout* Stadion Jatidiri Semarang

### 2.3. Lampu Philips ArenaVision MVF404

Pada penelitian ini digunakan jenis lampu *metal halide*, yaitu ArenaVision MVF404 dari Philips yang dirancang khusus untuk penerangan stadion olahraga *outdoor* dimana dapat meningkatkan efek teater dan emosional olahraga bagi penonton TV dan penonton secara langsung, sekaligus membuat pemain- tampil dalam kondisi visual yang optimal. Teknologi yang dimiliki Arena Vision MVF404, antara lain sistem pemasangan dan penggantian lampu yang mudah, sistem konektor pengaman pisau, sistem pemecah panas, serta sistem berkualitas lain yang telah dimiliki Philips Arena Vision sebelumnya. Dengan menggunakan lampu Philips MHN-SE 2000 W yang merupakan lampu *metal halide* dengan berteknologi tinggi serta memiliki presisi yang tinggi, ArenaVision MVF404 menghasilkan efisiensi optik jauh lebih tinggi daripada tipe sebelumnya. Selain itu, ArenaVision MVF404 tipe *flicker-free* (bebas berkedip) dirancang untuk memastikan efek *flicker* sepenuhnya dihilangkan untuk menjamin gambar sempurna saat difilmkan dengan kamera gerak super lambat pada acara olahraga. ArenaVision MVF404 versi bebas berkedip dilengkapi dengan *ignitor* elektronik khusus, yaitu dengan menggunakan *ballast* elektronik Philips bebas kedip (ECM330). [6].



Gambar 3. Lampu Philips ArenaVision MVF404[6]

### 2.4. Standar Sistem Penerangan

Standar sistem penerangan diperlukan dalam perancangan sistem penerangan stadion agar menghasilkan kualitas penerangan yang baik dimana dapat memberikan keamanan, kenyamanan dan visualisasi yang sempurna. Perancangan sistem penerangan stadion dapat mengacu

pada standar yang sudah diakui, seperti pada SNI 03-3647-1994 sebagai berikut [3]:

1. Tingkat penerangan *horizontal* pada arena 1 meter diatas permukaan lantai untuk ketiga kelas, sebagai berikut:
  - 1) Untuk latihan dibutuhkan minimal 200 lux.
  - 2) Untuk pertandingan dibutuhkan minimal 300 lux.
  - 3) Untuk pengambilan video dokumentasi dibutuhkan minimal 1000 lux.
2. Penerangan buatan atau penerangan alami tidak boleh menimbulkan penyilauan bagi para pemain.
3. Sumber cahaya lampu harus diletakkan dalam satu area pada langit-langit sedemikian rupa dengan titik terjauh dari arena setinggi 1,5 meter.

Selain SNI 03-3647-1994, terdapat beberapa panduan yang dapat digunakan untuk merancang penerangan pada stadion yang dikeluarkan oleh federasi sepak bola di tiap benua atau negara masing-masing. Salah satu yang mengeluarkan panduan tersebut adalah AFC sebagai Konfederasi Sepak Bola di benua Asia. Panduan perancangan penerangan yang dikeluarkan oleh AFC kemudian digunakan sebagai standar untuk sebuah stadion di Asia untuk menyelenggarakan pertandingan di tingkat Asia, termasuk untuk pemerataan penerangan, jarak tiang dari sudut lapangan, tinggi tiang, dan jarak perhitungan silau. Hal tersebut dijabarkan sebagai berikut: [4]

1. Setiap kategori permainan sebaiknya memiliki nilai U1h lebih dari 0,5 dan U2h/U0h lebih dari 0,7.
2. Setiap kategori permainan sebaiknya memiliki nilai *Glare Rating* kurang dari 50.
3. Jarak tiang dari titik sudut lapangan sebaiknya lebih dari 12 m dan memiliki tinggi sekitar 40-45 m.

### 2.5. Metode Perhitungan

Satu objek yang pada siang hari dapat dengan mudah dilihat, dapat saja tidak terlihat pada malam hari karena penglihatan bergantung pada tingkat kuat penerangan. Tingkat kuat penerangan sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada suatu luas bidang atau permukaan yang disebut sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah arus cahaya yang dipancarkan dalam lumen dibagi dengan luas bidang atau area dalam m<sup>2</sup>[7].

Metode point by point adalah metode perhitungan nilai iluminasi yang digunakan oleh CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*)[7].

Dirumuskan dengan[8]:

$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \epsilon \cdot \Phi \cdot MF}{H^2} \quad (1)$$

keterangan:

- E = Iluminasi cahaya horizontal (lux)
- $I(C, \gamma)$  = Intensitas cahaya di arah  $(C, \gamma)$  dalam cd/klm
- $\epsilon$  = Sudut dari cahaya pantul pada titik ukur
- $\Phi$  = Banyaknya lumen/ fluks cahaya
- MF = Koefisien *maintenance factor*
- H = Tinggi tiang lampu (m)

Silau terutama disebabkan oleh distribusi cahaya yang tidak merata, misalnya akibat lampu yang salah dan bergantung pada kepadatan cahaya, besarnya sumber cahaya yang berada di depan sudut penglihatan, posisi muka, perbedaan kontras antara permukaan yang gelap dan terang. Selain itu silau dapat dihasilkan dari intensitas pencahayaan yang berbeda dan tidak merata. Silau akan menyebabkan penglihatan berkurang dan akan menyebabkan kelelahan pada mata. Silau yang disebabkan oleh sumber cahaya buatan dapat dihindari dengan memakai armatur yang dilengkapi *louver* atau optik *mirror*[5].

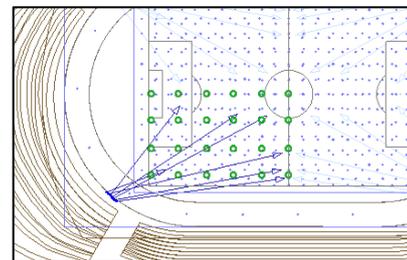
$$GR = 27 + 24 \log \left( \frac{L_{vi}}{L_{ve}^{0,9}} \right) \quad (2)$$

keterangan:

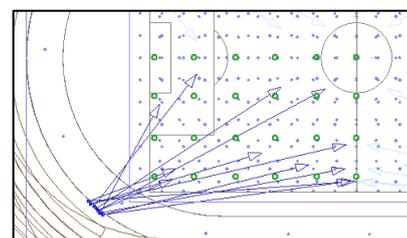
- $L_{vi}$  = Nilai luminasi yang dipengaruhi oleh lampu
- $L_{ve}$  = Nilai luminasi yang dipengaruhi oleh lingkungan

### 2.6. Perancangan Penerangan

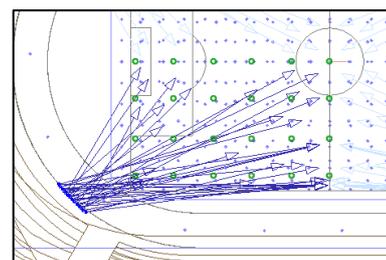
Perancangan sistem penerangan buatan pada lapangan stadion dengan desain penempatan lampu 4 titik dan melingkar dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Dialux 4. Perancangan menggunakan fitur *floodlight* dengan ketinggian lampu 40 meter untuk 4 titik dan 25,45 meter untuk melingkar dimana tiap kelas mengacu pada SNI 03-3647-1994.



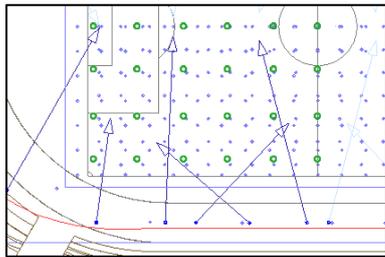
(a) Pengaturan Lampu Desain 4 Titik Kelas 1



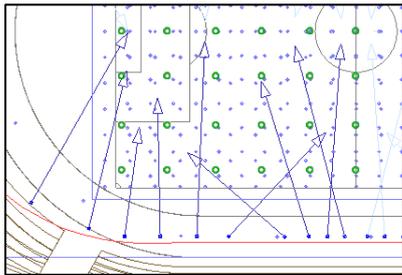
(b) Pengaturan Lampu Desain 4 Titik Kelas 2



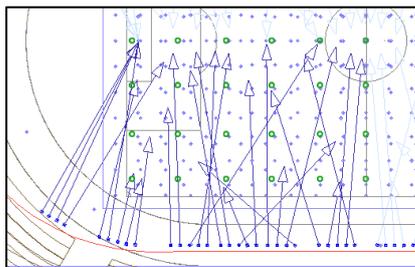
(c) Pengaturan Lampu Desain 4 Titik Kelas 3



(d) Pengaturan Lampu Desain Melingkar Kelas 1



(e) Pengaturan Lampu Desain Melingkar Kelas 2



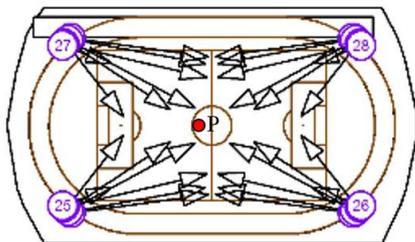
(f) Pengaturan Lampu Desain Melingkar Kelas 3

Gambar 4. Perancangan Lampu

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Perhitungan Manual

Contoh perhitungan iluminasi manual dilakukan pada titik tengah lapangan



Gambar 4. Titik Perhitungan

Berikut merupakan contoh perhitungan salah satu lampu yang telah dipasang:

1. Tinggi lampu terhadap ketinggian titik perhitungan.  $40 - 1 = 39$  meter.
2. Jarak titik lampu dengan titik fokus lampu secara horizontal = 57,11 meter.
3. Jarak titik lampu dengan titik perhitungan secara horizontal = 78,17 meter.

4. Jarak titik fokus lampu dengan titik perhitungan (b) = 20,94 meter.

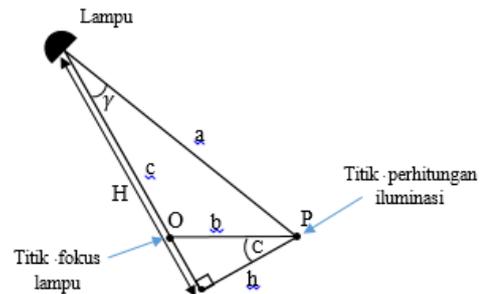
Berikut ini gambar hubungan antara titik fokus lampu dengan titik perhitungan.

$$a = \sqrt{78,17^2 + 39^2}$$

$$= 87,36 \text{ meter}$$

$$c = \sqrt{57,11^2 + 39^2}$$

$$= 69,16 \text{ meter}$$



Gambar 5. Hubungan Titik Fokus Lampu dengan Titik Perhitungan[9]

Segitiga abc merupakan segitiga sembarang. Maka untuk mendapatkan nilai luasnya digunakan Teorema Heron dengan variabel d merupakan nilai semiperimeternya.

$$d = \frac{a+b+c}{2}$$

$$= \frac{87,36 + 20,94 + 69,16}{2}$$

$$= 88,73 \text{ meter}$$

$$S = \text{Luas segitiga}$$

$$= \sqrt{(d)(d-a)(d-b)(d-c)}$$

$$= \sqrt{(88,73)(88,73 - 87,36)(88,73 - 20,94)(88,73 - 69,16)}$$

$$= 401,38 \text{ m}^2$$

$$h = \frac{2S}{c}$$

$$= \frac{2 \times 401,38}{69,16}$$

$$= 11,6 \text{ meter}$$

$$H = \sqrt{a^2 - h^2}$$

$$= \sqrt{87,36^2 - 11,6^2}$$

$$= 86,58 \text{ meter}$$

$$\gamma = \text{Cos}^{-1} \frac{H}{a}$$

$$= \text{Cos}^{-1} \frac{86,58}{87,36}$$

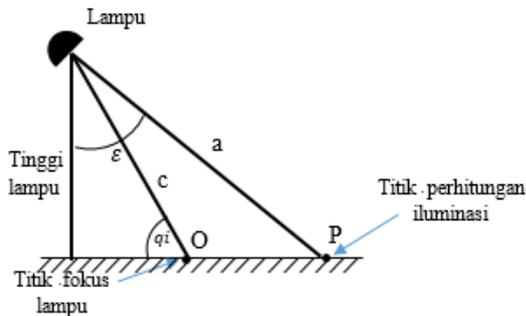
$$= 7,6^\circ$$

$$C = \text{Cos}^{-1} \frac{h}{b}$$

$$= \text{Cos}^{-1} \frac{11,6}{20,94}$$

$$= 56,3^\circ$$

Didapatkan  $I(56,3^\circ, 7,6^\circ)$ , dengan melihat pada tabel intensitas *luminous* pada spesifikasi lampu yang digunakan, maka didapatkan nilai  $I(C, \gamma)$  sebesar 1217 cd/klm.



Gambar 6. Hubungan Titik Fokus Lampu dengan titik Perhitungan yang Dijadikan Satu Garis[9]

$$\epsilon = \cos^{-1} \frac{39}{87,36} = 63,48^\circ$$

Nilai iluminasi pada titik tengah dari lampu ini sebagai berikut:

$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \epsilon \cdot \phi \cdot MF}{Tinggi\ lampu^2} = \frac{1217 \times \cos^3(63,48) \times 227 \times 0,7}{1521} = 11,3125\ lux$$

Pada perancangan lampu desain 4 titik menggunakan fitur *mirrorly vertical* dan *mirrorly horizontal*, maka dapat dihitung nilai iluminasi pada titik perhitungan yang dipengaruhi oleh 4 lampu:

$$4E_1 = 4 \times 11,3125\ lux = 45,25\ lux$$

Menggunakan cara yang sama, maka didapatkan hasil pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Iluminasi

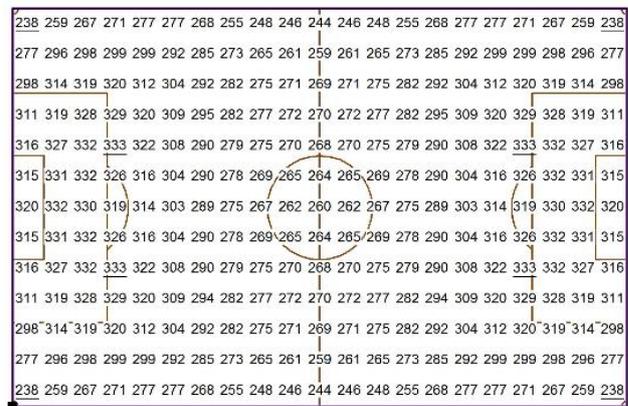
Lampu	Tinggi (m)	$I(C, \gamma)$ (cd/klm)	$E_n$ (lux)	$4E_n$ (lux)	Total $4E_n$ (lux)
1	40	380	3,557	14,229	
2	40	744	6,892	27,569	
3	40	631	6,207	24,828	
4	40	1217	11,312	45,250	
5	40	1532	14,55	58,204	252,33
6	40	1123	10,38	41,537	
7	40	148	1,362	5,449	
8	41.8	250	2,298	9,192	
9	41.8	726	6,516	26,065	

Didapatkan nilai iluminasi untuk setiap kelas pada desain titik dan desain melingkar seperti ditunjukkan Tabel 2 berikut

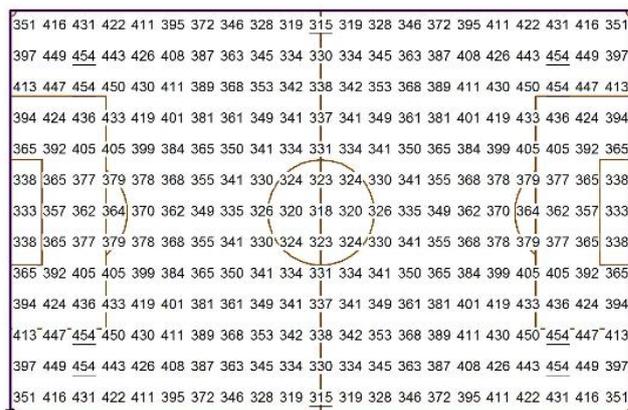
Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Iluminasi Semua Kelas

Desain Penempatan Lampu	Kelas	Hasil Perhitungan (lux)
Desain 4 titik	Kelas 1	252,33
	Kelas 2	316,78
	Kelas 3	1033,3
Desain Melingkar	Kelas 1	208,28
	Kelas 2	474,84
	Kelas 3	1076,77

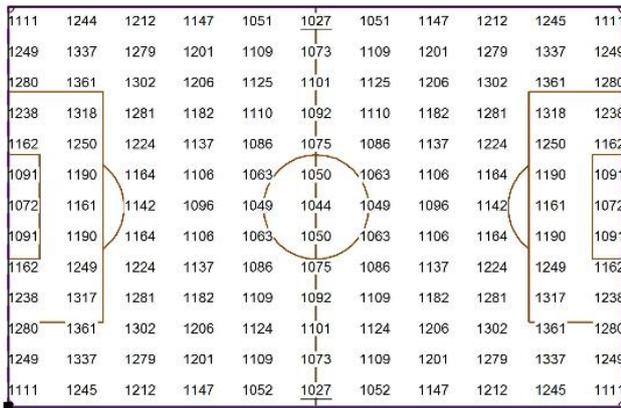
3.2. Hasil Simulasi



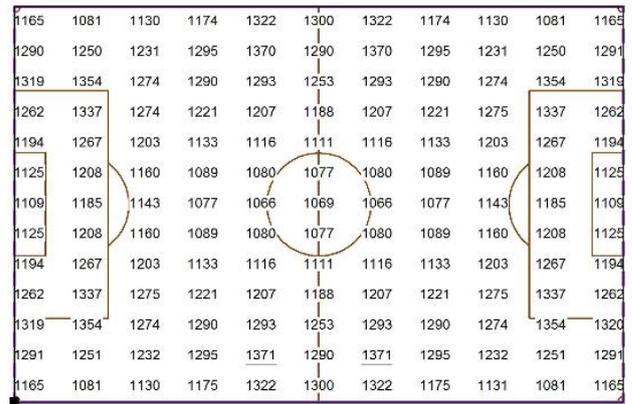
(a) Hasil Value Chart Desain 4 Titik Kelas 1



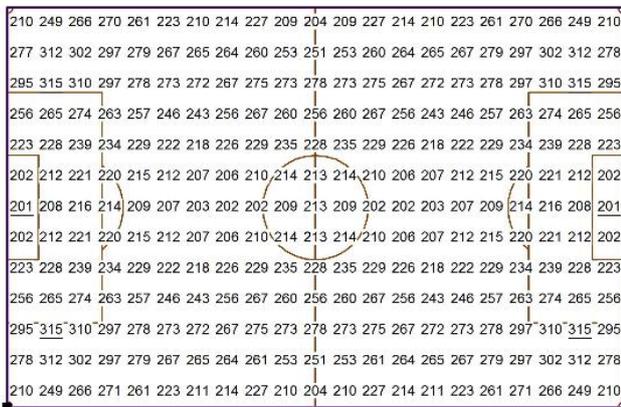
(b) Hasil Value Chart Desain Desain 4 Titik Kelas 2



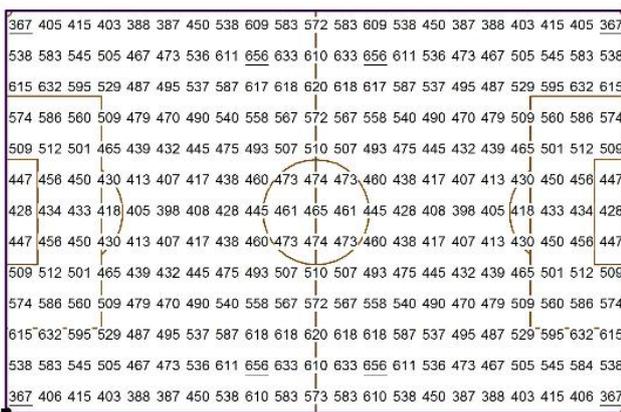
(c) Hasil Value Chart Desain 4 Titik Kelas 3



(f) Hasil Value Chart Desain Melingkar Kelas 3



(d) Hasil Value Chart Desain Melingkar Kelas 1



(e) Hasil Value Chart Desain Melingkar Kelas 2

Gambar 7. Hasil Value Chart Perancangan Lampu

### 3.3. Analisis Perancangan

Setelah melakukan simulasi pada *software* Dialux 4 didapat data yang akan digunakan untuk analisa perbandingan hasil perhitungan manual dengan simulasi dan perbandingan model penempatan lampu pada tiap kelas.

#### 3.3.1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

Dari hasil simulasi dan perhitungan manual pada iluminasi yang telah dilakukan pada titik tengah lapangan, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

Desain Penempatan Lampu	Kelas	Hasil Simulasi (lux)	Hasil Perhitungan (lux)
Desain 4 titik	Kelas 1	260	252,32
	Kelas 2	318	316,78
	Kelas 3	1044	1033,3

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

Desain Penempatan Lampu	Kelas	Hasil Simulasi (lux)	Hasil Perhitungan (lux)
Desain Melingkar	Kelas 1	213	208,28
	Kelas 2	465	474,84
	Kelas 3	1069	1076,77

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hasil iluminasi pada titik tengah lapangan pada simulasi dan perhitungan manual untuk desain 4 titik dan desain melingkar di semua kelas. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa hasil simulasi sudah mendekati hasil perhitungan, sehingga dapat disimpulkan bahwa simulasi sudah sesuai dengan teori standar perhitungan yang digunakan.

### 3.3.2. Perbandingan Desain 4 Titik dan Desain Melingkar

Dalam simulasi yang telah dilakukan, maka akan dapat diketahui desain penerangan yang lebih baik dan efisien jika diterapkan pada Stadion Jatidiri Semarang. Berikut ini merupakan tabel data hasil simulasinya:

Tabel 5. Tabel Hasil Simulasi Kelas 1

Parameter	Desain 4 titik	Desain melingkar
E rata-rata	292	246
E minimal	238	201
E maksimal	333	315
Jumlah Lampu	36	24
u0	0,82	0,82
u1	0,72	0,64
GR Max	<50	<50

Pada Tabel 5 menunjukkan nilai iluminasi minimal desain 4 titik sebesar 238 lux dan desain melingkar sebesar 201 lux yang berarti keduanya sudah memenuhi standar SNI 03-3647-1994 untuk kelas 1 sebesar 200 lux. Ditinjau dari kerataan cahaya dan nilai silau maksimum, kedua desain juga sudah memenuhi standar AFC Stadium Lighting Guide 2018 dan CIE 112-1994. Sedangkan apabila dilihat dari segi konsumsi daya, desain 4 titik menggunakan 12 lampu lebih banyak dibandingkan desain melingkar. Sehingga desain melingkar lebih hemat daya sebesar 25200 watt karena untuk masing-masing lampu berdaya 2100 watt.

Tabel 6. Tabel Hasil Simulasi Kelas 2

Parameter	Desain 4 titik	Desain melingkar
E rata-rata	379	502
E minimal	315	367
E maksimal	454	656
Jumlah Lampu	48	48
u0	0,83	0,73
u1	0,69	0,56
GR Max	<50	<50

Tabel 6 menunjukkan menunjukkan nilai iluminasi minimal desain 4 titik sebesar 315 lux dan desain melingkar sebesar 367 lux yang berarti keduanya sudah memenuhi standar SNI 03-3647-1994 untuk kelas 2 sebesar 300 lux. Ditinjau dari kerataan cahaya dan nilai silau maksimum, kedua desain juga sudah memenuhi standar AFC Stadium Lighting Guide 2018 dan CIE 112-1994. Sedangkan apabila dilihat dari segi konsumsi daya, desain 4 dan desain melingkar menggunakan jumlah lampu yang sama sehingga daya yang dibutuhkan adalah sama.

Tabel 7. Tabel Hasil Simulasi Kelas 3

Parameter	Desain 4 titik	Desain melingkar
E rata-rata	1180	1215
E minimal	1027	1064
E maksimal	1364	1371
Jumlah Lampu	156	120
u0	0,87	0,88
u1	0,75	0,78
GR Max	<50	<50

Tabel 7 menunjukkan nilai iluminasi minimal desain 4 titik sebesar 1027lux dan desain melingkar sebesar 1064 lux yang berarti keduanya sudah memenuhi standar SNI 03-3647-1994 untuk kelas 1 sebesar 1000 lux. Ditinjau dari kerataan cahaya dan nilai silau maksimum, kedua desain juga sudah memenuhi standar AFC Stadium Lighting Guide 2018 dan CIE 112-1994. Sedangkan apabila dilihat dari segi konsumsi daya, desain 4 titik menggunakan 36 lampu lebih banyak dibandingkan desain melingkar. Sehingga desain melingkar lebih hemat daya sebesar 75600 watt karena untuk masing-masing lampu berdaya 2100 watt.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi perancangan sistem penerangan buatan pada lapangan stadion Jatidiri Semarang yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa pada desain penerangan 4 titik telah didapatkan bahwa pada nilai iluminasi minimal pada desain 4 titik kelas 1 sebesar 238 lux, nilai iluminasi minimal pada desain 4 titik kelas 2 sebesar 315 lux, nilai iluminasi minimal pada desain 4 titik kelas 3 sebesar 1027 lux. Hasil tersebut telah sesuai dengan standar minimum tingkat iluminasi masing-masing kelas sesuai SNI 03-3647-1994, yaitu kelas 1 minimum 200 lux, kelas 2 minimum 300 lux, dan kelas 3 minimum 1000 lux. Pada desain penerangan melingkar telah didapatkan bahwa pada nilai iluminasi minimal pada desain melingkar kelas 1 sebesar 201 lux, nilai iluminasi minimal pada desain melingkar kelas 2 sebesar 367 lux, nilai iluminasi minimal pada desain melingkar kelas 3 sebesar 1064 lux. Hasil tersebut telah sesuai dengan standar minimum tingkat iluminasi masing-masing kelas sesuai SNI 03-3647-1994, yaitu kelas 1 minimum 200 lux, kelas 2 minimum 300 lux, dan kelas 3 minimum 1000 lux. Selain itu, nilai kerataan menyeluruh (u0) dan nilai kerataan memanjang (u1) untuk desain 4 titik maupun desain melingkar di semua kelas sudah memenuhi standar dari AFC Stadium Lighting Guide 2018 yakni u0 lebih dari 0,7 dan u1 lebih dari 0,5. Nilai glare rating (silau) untuk desain 4 titik maupun desain melingkar di semua kelas sudah memenuhi standar dari CIE 112-1994 yakni nilai glare rating kurang dari 50.

## Referensi

- [1] M. U. Unver and N. Imal, "Lighting Design for a Football Field," ELECO'99 Int. Conf. Electr. Electron. Eng., 1999.
- [2] K. E. Nugraha and A. Rahmadiansah, "Perancangan Sistem Pencahayaan Lapangan Futsal Indoor ITS," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [3] SNI 03-3647-1994, Tata cara perencanaan teknik bangunan gedung olahraga departemen pekerjaan umum. 1994.
- [4] AFC, AFC Stadium Lighting Guidelines 2018, 2018.
- [5] CIE 112, Glare Evaluation System for Use within Outdoor and Area Lighting. Austria: IHS, 1994.
- [6] Philips, "ArenaVision MVF404-Lighting Exceptional Optical Efficiency," 2000.

- [7] DIAL GmbH, DIALux Version 4.9 The Software Standard for Calculating Lighting Layouts, 16th ed. Lüdenscheid: MESA, 2011.
- [8] CIE 140, Technical Report Road Lighting Calculations. Austria: IHS, 2000.
- [9] A. F. A. Ghaffar, "Perancangan Sistem Penerangan Buatan Pada Stadion Universitas Diponegoro Dengan Menggunakan Software Dialux", 2017.