

PERANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN BUATAN PADA LAPANGAN STADION UNIVERSITAS DIPONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN DIALUX 4

Ahmad Faruq Abdul Ghaffar^{*)}, Karnoto, and Agung Nugroho

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

^{*)E-mail: faruqghaffar@gmail.com}

Abstrak

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan bangunan maupun ruangan, hal ini berguna untuk menunjang kenyamanan dalam beraktivitas dan keselamatan jika terjadi keadaan darurat. Pencahayaan dibagi menjadi dua jenis yaitu pencahayaan alami dengan memanfaatkan sinar matahari dan pencahayaan buatan yang menggunakan cahaya buatan (lampu). Lapangan stadion Universitas Diponegoro saat ini belum memiliki pencahayaan buatan maka dibutuhkan pencahayaan buatan yang baik dan sesuai standar SNI 03-3647-1994 tentang tata cara perencanaan teknik bangunan gedung olahraga. Penelitian ini merancang sistem pencahayaan buatan pada lapangan stadion Universitas Diponegoro dengan menggunakan data dari bagian aset Universitas Diponegoro dan data dari pengukuran berupa ukuran lapangan dan layout stadion keseluruhan, serta menggunakan lampu jenis metal halide. Perancangan ini menggunakan model penempatan lampu 4 titik dan melingkar sebagai perbandingan perancangan. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Dialux 4 untuk membantu dalam hal perancangan sistem pencahayaan buatan, perhitungan iluminasi dan tingkat silau. Hasil dari simulasi dengan menggunakan lampu Philips ArenaVision MVF404 didapatkan hasil untuk perancangan model 4 titik kelas 1 membutuhkan 28 lampu, kelas 2 membutuhkan 48 lampu, dan kelas 3 membutuhkan 128 lampu. Pada model melingkar kelas 1 membutuhkan 24 lampu, kelas 2 membutuhkan 48 lampu, dan kelas 3 membutuhkan 112 lampu.

Kata kunci: Pencahayaan, Pencahayaan Stadion, Iluminasi, Dialux 4

Abstract

Lighting is one of the important factors in the design of building and room, it is useful to support the comfort in the activity and safety in case of emergencies. Lighting is divided into two types: natural lighting by utilizing sunlight and artificial lighting using artificial light. Field Diponegoro University stadium currently does not have artificial lighting then it needs good artificial lighting and according to SNI 03-3647-1994 standards on planning procedures engineering building sports hall. This research designs an artificial lighting system at Diponegoro University stadium field using data from University of Diponegoro's assets section and data from measurements of field size and overall stadium layout, and using metal halide lamps. This design uses 4-point and circular lamp placement model as a design comparison. This study uses the Dialux 4 software to assist in the design of artificial lighting systems, illumination calculations and glare levels. The results of the simulation using Philips ArenaVision MVF404 lamps obtained results for the design of 4-point model class 1 requires 28 lights, class 2 requires 48 lights, and class 3 requires 128 lamps. In the 1st class circular model requires 24 lamps, class 2 requires 48 lamps, and class 3 requires 112 lamps.

Keywords: Lighting, Stadium Lighting, Illumination, Dialux 4

1. Pendahuluan

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan bangunan maupun ruangan. Pencahayaan dibagi menjadi dua jenis, yaitu pencahayaan alami dengan memanfaatkan sinar matahari dan pencahayaan buatan yang menggunakan cahaya buatan (lampu). Pencahayaan berguna untuk menunjang kenyamanan bagi pengguna dan sebagai faktor keselamatan jika terjadi keadaan yang

darurat (*emergency*). Saat ini lapangan stadion Universitas Diponegoro belum memiliki pencahayaan buatan sehingga membutuhkan pencahayaan buatan yang baik dan sesuai dengan standar stadion tersebut.

Penelitian sebelumnya[1][2] perancangan sistem pencahayaan buatan stadion yang baik diperlukan beberapa ketentuan, yaitu memiliki penerangan yang cukup untuk memenuhi setiap permintaan kelas permainan dan jarak pandang penonton maksimum, memperbaiki dan

memfokuskan lampu sorot (*floodlight*) untuk memastikan pemanfaatan cahaya terbaik hingga memudahkan penglihatan untuk pemain dan penonton, dan pemerataan pencahayaan. 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.

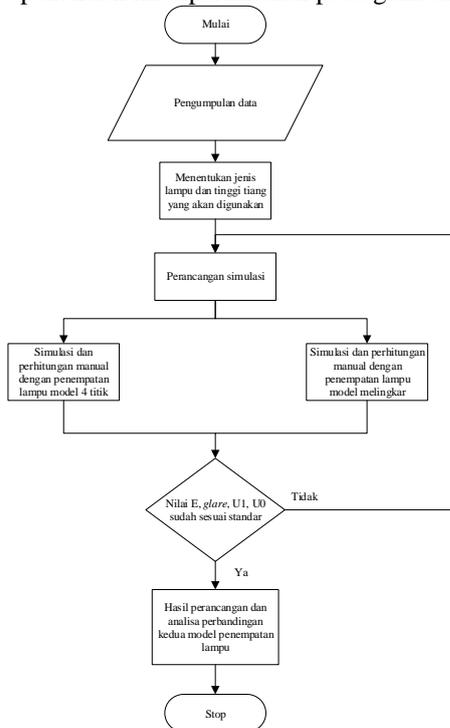
Pada penelitian sebelumnya[1] telah dilakukan perancangan pencahayaan stadion dengan perhitungan iluminasi secara manual pada dengan metode *point by point*. Pada penempatan 4 titik lampu, penggunaan lampu sorot (*floodlight*) dengan sorotan cahaya yang sempit menghasilkan penyebaran penerangan yang tidak merata (berbintik). Di samping itu, lampu sorot dengan sorotan cahaya yang lebar menyebabkan pemanfaatan cahaya yang buruk dan tingkat intensitas penerangan yang rendah, khususnya di bagian tengah lapangan. Jadi, dari kedua hal tersebut dapat menyebabkan kesilauan pada sisi yang berlawanan[1].

Penelitian ini akan membahas perancangan sistem pencahayaan buatan pada lapangan stadion Universitas Diponegoro, serta membandingkan antara penempatan titik lampu model 4 titik dan model melingkar dengan menggunakan *software* Dialux 4. Standar pencahayaan yang digunakan mengacu pada SNI 03-3647-1994.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

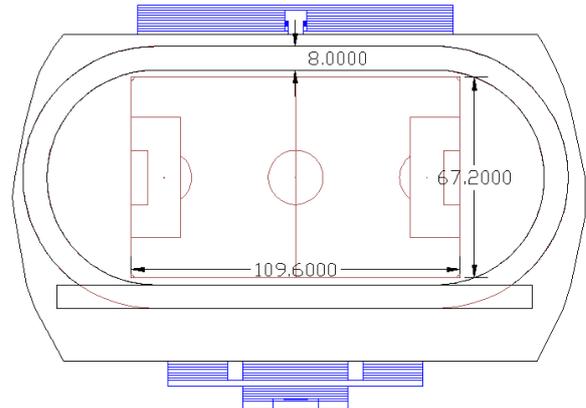
Metode penelitian ini diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

2.2. Data Penelitian

Data yang diperoleh berupa gambar *layout* stadion Universitas Diponegoro. Stadion ini memiliki lapangan sepak bola dengan ukuran (109,6 x 67,2) meter dan dikelilingi dengan lapangan atletik dengan lebar 8 meter. Gambar *layout* stadion diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Layout* Stadion Universitas Diponegoro.

2.3. Lampu Philips ArenaVision MVF404

Lampu ArenaVision MVF404 memiliki efisiensi optik yang sangat bagus. Lampu ini dirancang untuk stadion olahraga *outdoor*, yang dapat meningkatkan efek teater dan emosional olahraga bagi penonton TV dan penonton secara langsung, sekaligus membuat pemain tampil dalam kondisi visual yang optimal. Dengan menggunakan lampu Philips MHN-SE 2000 W yang merupakan lampu dengan *metal halide* berteknologi tinggi serta memiliki presisi yang tinggi, ArenaVision MVF404 menghasilkan efisiensi optik jauh lebih tinggi daripada sebelumnya. Selain itu, lampu sorot 2 kW ini memiliki sistem pemasangan dan penggantian lampu yang mudah, kekuatan IP65 penuh, sistem konektor pengaman pisau dan solusi pemecah panas dengan tetap menjaga kualitas dari sistem Philips ArenaVision. ArenaVision MVF404 versi bebas berkedip dirancang untuk memastikan efek *flicker* sepenuhnya dihilangkan untuk menjamin gambar sempurna yang 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)[7].

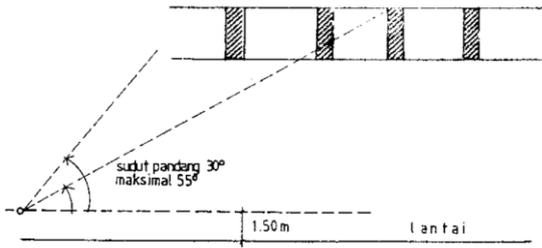


Gambar 3. Lampu Philips ArenaVision MVF404[7].

2.4. Standar Sistem Pencahayaan

Dalam perancangan pencahayaan stadion, diperlukan standar sistem pencahayaan dengan mengacu pada standar yang sudah diakui, seperti pada SNI 03-3647-1994 sebagai berikut[5]:

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. Pencegahan silau akibat matahari harus sesuai dengan SK SNI T-05-1989-F, Departemen Pekerjaan Umum, tentang Tata Cara Penerangan Alami Siang hari untuk rumah dan gedung.
4. Sumber cahaya lampu harus diletakkan dalam satu area pada langit-langit sedemikian rupa sehingga sudut yang terjadi antara garis yang menghubungkan sumber cahaya tersebut dengan titik terjauh dari arena setinggi 1,5 meter garis *horizontal* nya minimal 30°.



Gambar 4. Titik Terjauh dari Sumber Cahaya[5].

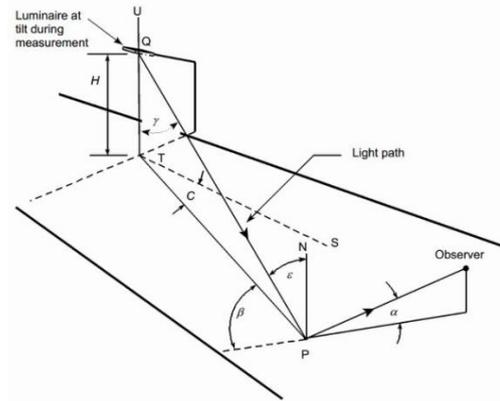
5. Apabila gedung olahraga digunakan untuk menyelenggarakan lebih dari satu kegiatan cabang olahraga, maka untuk masing-masing kegiatan harus tersedia tata lampu yang sesuai untuk kegiatan yang dimaksud.
6. Masing-masing tata lampu harus merupakan instalasi yang terpisah satu dengan yang lainnya.
7. Apabila menggunakan tata cahaya buatan, harus disediakan *generator set* yang kapasitas dayanya minimum 60% dari daya terpasang, *generator set* harus dapat bekerja maksimum 10 detik pada saat setelah aliran PLN padam.

2.5. Metode Perhitungan Iluminasi (E)

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 m²[10].

Metode point by point ini adalah metode perhitungan yang digunakan oleh CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*)[10].



Gambar 5. Hubungan antara Sudut dengan Jarak pada Titik Observasi[10].

Dirumuskan dengan:

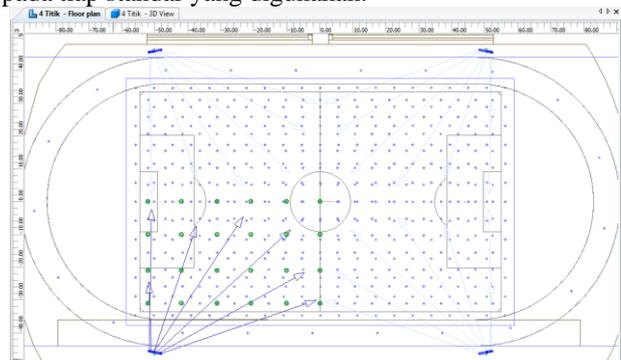
$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \epsilon \cdot \Phi \cdot MF}{H^2} \tag{2.1}$$

keterangan:

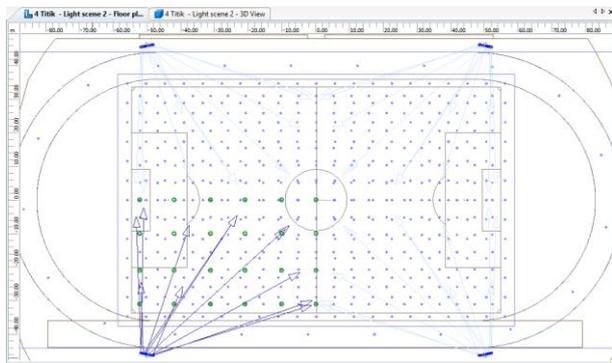
- E = Iluminasi cahaya horizontal (lux)
- I(C, γ) = Intensitas cahaya di arah (C, γ) dalam cd/klm
- ε = Sudut dari cahaya pantul pada titik ukur
- Φ = Banyaknya lumen/ fluks cahaya
- MF = Koefisien *maintenance factor*
- H = Tinggi tiang lampu (m)

2.6. Perancangan Pencahayaan

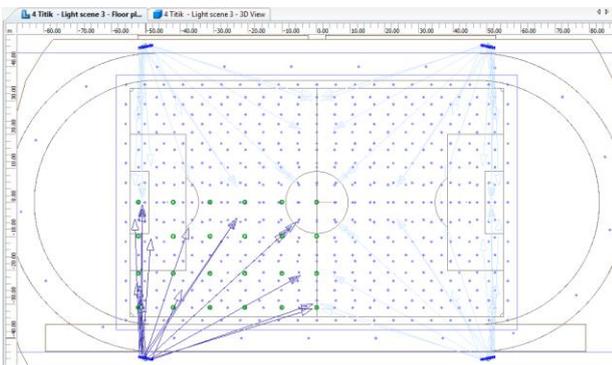
Perancangan sistem pencahayaan buatan pada lapangan stadion dengan model penempatan lampu 4 titik dan melingkar dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Dialux 4. Perancangan menggunakan fitur *floodlight* dengan ketinggian lampu 35 meter dan tiap kelas mengacu pada tiap standar yang digunakan.



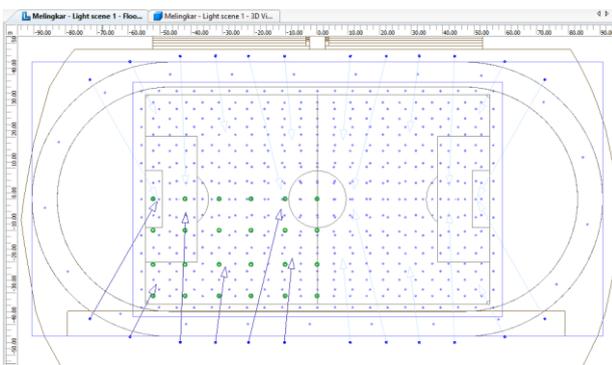
(a) Model 4 Titik Kelas 1.



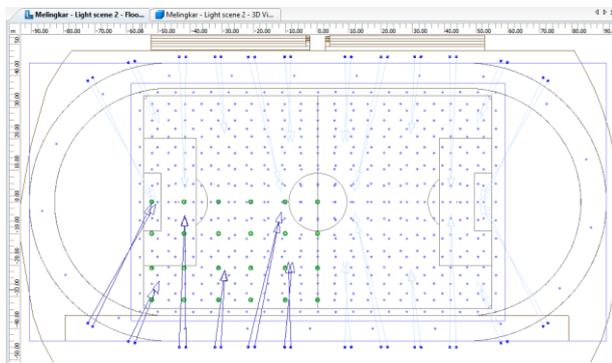
(b) Model 4 Titik Kelas 2.



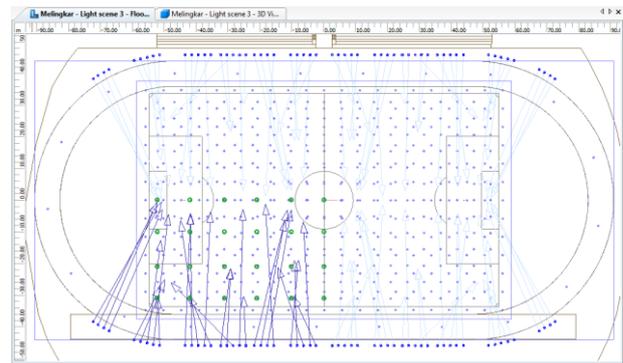
(c) Model 4 Titik Kelas 3.



(d) Model Melingkar Kelas 1.



(e) Model Melingkar Kelas 2.



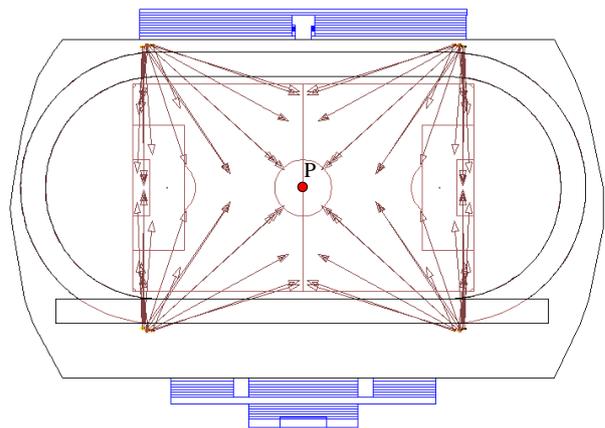
(f) Model Melingkar Kelas 3.

Gambar 6. Hasil Perancangan Lampu.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Perhitungan Manual

Perhitungan iluminasi manual dilakukan pada titik tengah lapangan pada model 4 titik kelas 3 dan melingkar kelas 3.



Gambar 7. Titik Perhitungan Model 4 Titik.

Berikut merupakan contoh perhitungan salah satu lampu yang telah dipasang:

1. Tinggi lampu terhadap ketinggian titik perhitungan. $35 - 1 = 34$ meter.
2. Sudut yang dihasilkan antara fokus lampu dengan tinggi lampu (ϵ_1) = $56,17^\circ$.
3. Jarak titik lampu dengan titik fokus lampu secara horizontal = 50,72 meter.
4. Jarak titik lampu dengan titik perhitungan secara horizontal = 67,03 meter.
5. Jarak titik fokus lampu dengan titik perhitungan (b) = 29,76 meter.

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

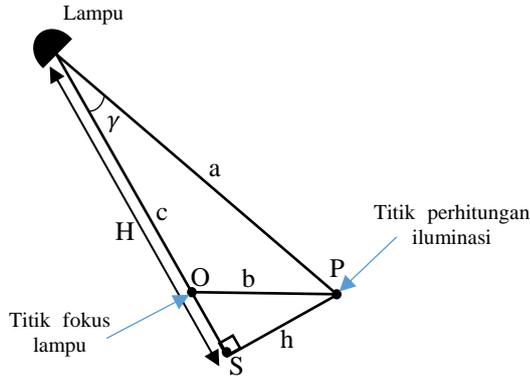
$$a = \sqrt{67,03^2 \times 34^2} \\ = 75,2 \text{ meter}$$

$$c = \sqrt{50,72^2 \times 34^2} \\ = 61,06 \text{ meter}$$

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

$$= \frac{75,2 + 29,76 + 61,06}{2}$$

$$= 82,99 \text{ meter}$$



Gambar 8. Hubungan Titik Fokus Lampu dengan Titik Perhitungan Tampak Atas.

Keterangan:

S = Luas segitiga

$$= \frac{\sqrt{(d)(d-a)(d-b)(d-c)}}{2}$$

$$= \frac{\sqrt{(82,99)(82,99-75,2)(82,99-29,76)(82,99-61,06)}}{2}$$

$$= 870,99 \text{ m}^2$$

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

$$= \frac{2 \times 870,99}{61,06}$$

$$= 28,5 \text{ meter}$$

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

$$= \sqrt{75,2^2 - 28,5^2}$$

$$= 69,54 \text{ meter}$$

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

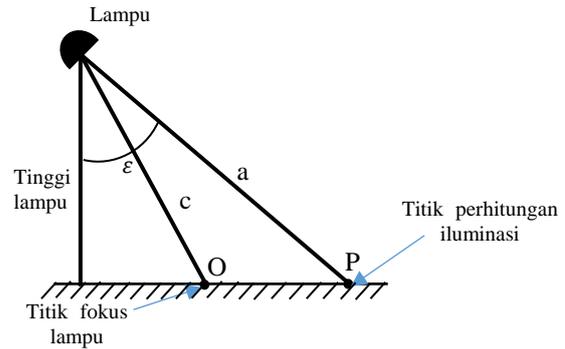
$$= \text{Cos}^{-1} \frac{69,54}{75,2}$$

$$= 22,31^\circ$$

Dimana sudut γ merupakan sudut yang dibentuk antara garis arah lampu sorot dengan titik perhitungan secara vertikal dan sudut C merupakan sudut yang dibentuk antara garis arah lampu sorot dengan titik perhitungan secara horizontal.

Maka didapatkan $I(10^\circ, 22,31^\circ)$, dengan melihat pada tabel intensitas luminous pada spesifikasi lampu yang digunakan, maka didapatkan nilai $I(C, \gamma)$ sebesar 667 lumen.

Berikut gambar hubungan antara titik fokus lampu dengan titik perhitungan jika disejajarkan.



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

$$\epsilon = \text{Cos}^{-1} \frac{34}{75,2}$$

$$= 63,11^\circ$$

Sehingga dapat dicari iluminasi pada titik tengah dari lampu ini sebagai berikut:

$$E = \frac{I(C, \gamma) \cdot \text{cos}^3 \epsilon \cdot \Phi \cdot MF}{\text{Tinggi lampu}^2}$$

$$= \frac{667 \times 0,4523 \times 227 \times 0,7}{1156}$$

$$= 8,48 \text{ lux}$$

Karena pada perancangan lampu menggunakan fitur *mirror vertical* dan *horizontal*, maka dapat dihitung nilai E dari 4 lampu yang tersebut:

$$4E_1 = 4 \times 8,48 \text{ lux}$$

$$= 33,93 \text{ lux}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan hasil pada tabel Sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Manual Model 4 Titik.

Lampu	Tinggi Lampu (m)	$I(C, \gamma)$ (cd/klm)	E_n (lux)	$4E_n$ (lux)	$\sum_{i=1}^n 4E_i$ (lux)
1	35	667	8,48	33,93	33,93
2	35	1015	12,73	50,92	84,85
3	35	1390	17,18	68,74	153,59
4	35	980	11,93	47,71	201,3
5	35	16	0,19	0,77	202,07
6	35	100	1,18	4,72	206,79
7	35,6	100	1,28	5,12	211,91
8	35,6	620	7,83	31,32	243,23
9	35,6	1440	17,90	71,60	314,83
10	35,6	420	5,14	20,58	335,41
11	35,6	985	11,89	47,56	382,97
12	35,6	80	0,95	3,80	386,77
13	36,2	660	8,51	34,03	420,8
14	36,2	1010	12,83	51,33	472,13
15	36,2	1430	17,90	71,61	543,74
16	36,2	970	11,96	47,85	591,59
17	36,2	107	1,30	5,20	596,79

Lanjutan Tabel. 1

18	36,2	120	1,44	5,75	602,54
19	36,8	675	8,75	34,99	637,53
20	36,8	1005	12,85	51,41	688,94
21	36,8	1520	19,13	76,53	765,47
22	36,8	965	11,98	47,92	813,39
23	36,8	123	1,50	6,01	819,4
24	36,8	120	1,44	5,78	825,18
25	37,4	689	8,97	35,90	861,08
26	37,4	1000	12,85	51,39	912,47
27	37,4	1520	19,25	77,01	989,48
28	37,4	960	11,98	47,93	1037,41
29	37,4	18	0,22	0,89	1038,3
30	37,4	120	1,45	5,82	1044,12
31	38	10	0,13	0,51	1044,63
32	38	11	0,14	0,55	1045,18

Tabel 1. Menunjukkan hasil dari perhitungan iluminasi secara manual pada model 4 titik kelas 3. Pada tabel ini didapatkan hasil perhitungan iluminasi pada titik tengah lapangan sebesar 1045,18.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Manual Model Melingkar.

Lampu	Tinggi Lampu (m)	$I(C, \gamma)$ (cd/klm)	E_n (lux)	$4E_n$ (lux)	$\sum_{i=1}^n 4E_i$ (lux)
1	35	140	4,03	16,11	16,11
2	35	1410	40,32	161,30	177,41
3	35	420	11,90	47,59	225
4	35	600	16,76	67,02	292,02
5	35	574	15,77	63,09	355,11
6	35	990	25,54	102,14	457,26
7	35	1390	34,84	139,35	596,60
8	35	1200	29,20	116,80	713,40
9	35	1345	31,57	126,27	839,67
10	35	74	1,66	6,63	846,30
11	35	640	13,81	55,25	901,55
12	35	32	0,66	2,65	904,20
13	35	190	3,77	15,07	919,26
14	35	185	3,51	14,04	933,30
15	35	16	0,28	1,13	934,44
16	35	350	5,91	23,63	958,06
17	35	130	2,09	8,36	966,42
18	35	211	3,23	12,91	979,33
19	35	220	3,19	12,76	992,10
20	35	9	0,11	0,43	992,52
21	35	135	1,52	6,10	998,62
22	35	80	0,87	3,47	1002,09
23	35	35	0,36	1,45	1003,55
24	35	35	0,35	1,39	1004,94
25	35	250	2,11	8,45	1013,38
26	35	240	1,97	7,87	1021,25
27	35	255	2,02	8,08	1029,33
28	35	290	2,24	8,95	1038,28

Tabel 2. Menunjukkan hasil dari perhitungan iluminasi secara manual pada model melingkar kelas 3. Pada tabel ini didapatkan hasil perhitungan iluminasi pada titik tengah lapangan sebesar 1038,28.

3.2. Analisis Hasil Perhitungan dan Simulasi

a. Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan

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.

Tabel 3. Tabel Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan.

Model Penempatan Lampu	Simulasi	Perhitungan
Model 4 titik	1045	1045,18
Model melingkar	1038	1038,28

Tabel 3. menunjukkan hasil iluminasi pada titik tengah lapangan pada simulasi dan perhitungan manual kelas 3. Pada tabel tersebut memperlihatkan hasil simulasi sudah sama dengan hasil perhitungan, sehingga simulasi sudah sesuai dengan teori standar perhitungan yang digunakan.

b. Hasil Simulasi

Dari simulasi yang telah dilakukan, maka dapat dianalisa model penempatan lampu yang lebih baik diterapkan pada stadion Universitas Diponegoro mengacu pada standar SNI yang digunakan. Berikut ini merupakan tabel data hasil simulasinya:

Tabel 4. Tabel Hasil Simulasi Kelas 1.

Parameter	Model 4 titik	Model melingkar
E rata-rata	268	249
E minimal	224	216
E maksimal	325	316
Jumlah Lampu	28	24
u0	0,84	0,87
u1	0,71	0,68

Tabel 4. menunjukkan hasil simulasi model 4 titik dan model melingkar kelas 1. Pada tabel tersebut memperlihatkan perbedaan yang cukup signifikan pada jumlah lampu yang digunakan, pada model 4 titik berjumlah 28 lampu dan model melingkar berjumlah 24 lampu. Model penempatan lampu kelas 1 yang efisien adalah model melingkar karena jumlah lampu yang digunakan lebih sedikit, sehingga daya yang digunakan juga semakin sedikit.

Tabel 5. Tabel Hasil Simulasi Kelas 2.

Parameter	Model 4 titik	Model melingkar
E rata-rata	458	503
E minimal	378	433
E maksimal	549	629
Jumlah Lampu	48	48
u0	0,83	0,86
u1	0,69	0,69

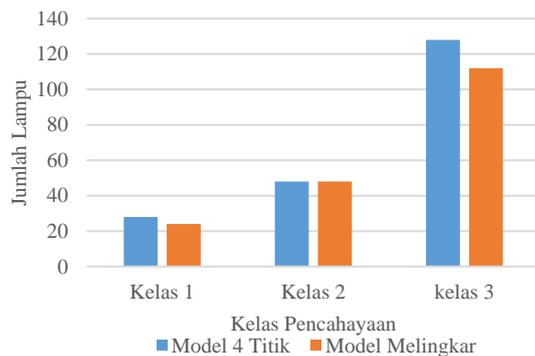
Tabel 5. menunjukkan hasil simulasi model 4 titik dan model melingkar kelas 2. Pada tabel tersebut memperlihatkan kedua model memiliki jumlah penggunaan lampu yang sama, namun hal tersebut mengakibatkan perbedaan yang cukup signifikan pada nilai iluminasi yang dihasilkan. Model penempatan lampu kelas 2 yang efisien adalah model melingkar karena

menghasilkan nilai iluminasi yang lebih besar untuk jumlah lampu yang sama.

Tabel 6. Tabel Hasil Simulasi Kelas 3.

Parameter	Model 4 titik	Model melingkar
E rata-rata	1182	1133
E minimal	1036	1021
E maksimal	1327	1309
Jumlah Lampu	128	112
u0	0,88	0,9
u1	0,78	0,78

Tabel 6. menunjukkan hasil simulasi model 4 titik dan model melingkar kelas 3. Pada tabel tersebut memperlihatkan perbedaan yang signifikan pada jumlah lampu yang digunakan, pada model 4 titik berjumlah 128 lampu dan model melingkar berjumlah 112 lampu, terdapat selisih sebesar 16 lampu. Model penempatan lampu kelas 3 yang efisien adalah model melingkar karena jumlah lampu yang digunakan lebih sedikit, sehingga daya yang digunakan juga semakin sedikit.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Jumlah Penggunaan Lampu.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi perancangan sistem pencahayaan buatan pada stadion Universitas Diponegoro, pada perancangan model 4 titik dibutuhkan 28 lampu untuk kelas 1 dengan iluminasi rata-rata sebesar 268 lux, 48 lampu untuk kelas 2 dengan iluminasi rata-rata sebesar 458 lux, dan 128 lampu untuk kelas 3 dengan iluminasi rata-rata sebesar 1182 lux. Pada model melingkar dibutuhkan 24 lampu untuk kelas 1 dengan iluminasi rata-rata sebesar 249 lux, 48 lampu untuk kelas 2 dengan iluminasi rata-rata sebesar 503 lux, dan 112 lampu untuk kelas 3 dengan iluminasi rata-rata sebesar 1133 lux. Pada kelas 1 jumlah penggunaan lampu pada model 4 titik (28 lampu) lebih banyak dibanding model melingkar (24 lampu) dan iluminasi rata-rata pada model 4 titik (268 lux) lebih besar dibanding model melingkar (249 lux), pada kelas 2 jumlah penggunaan lampu pada model 4 titik sama dengan model melingkar sebanyak 48 lampu dan iluminasi rata-rata pada model 4 titik (458 lux) lebih kecil dibanding model melingkar (503 lux), pada kelas 3 jumlah penggunaan

lampu pada model 4 titik (128 lampu) lebih banyak dibanding model melingkar (112 lampu) dan iluminasi rata-rata pada model 4 titik (1182 lux) lebih besar dibanding model melingkar (1133 lux).

Dalam perancangan pencahayaan buatan stadion disarankan menggunakan model melingkar karena dengan daya jumlah lampu yang sama menghasilkan intensitas penerangan yang lebih baik dan dalam pemilihan lampu disarankan menggunakan lampu hemat energi seperti lampu LED, dikarenakan jenis lampu ini memiliki nilai lumen yang tinggi dengan konsumsi daya yang lebih kecil dibandingkan dengan jenis lampu yang lain.

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]. M. Karlen and J. Benya, *Lighting Design Basics*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [4]. SNI 03-6575-2001, *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*. 2001.
- [5]. SNI 03-3647-1994, *Tata cara perencanaan teknik bangunan gedung olahraga departemen pekerjaan umum*. 1994.
- [6]. R. S. Simpson, *Lighting Control - Tecnology and Applications*. Italy: Focal Press, 2003.
- [7]. Philips, "ArenaVision MVF404-Lighting Exceptional Optical Efficiency," 2000.
- [8]. A. Pratomo, "Perencanaan Penataan Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) Kabupaten Semarang UPJ Ungaran," 2008.
- [9]. S. Mayretta, "Evaluasi Penerangan Lampu Jalan (Studi Kasus Jalan W.R. Supratman Kota Bandung, Jawa Barat)," 2014.
- [10]. CIE 140, *Technical Report Road Lighting Calculations*. Austria: IHS, 2000.
- [11]. CIE 112, *Glare Evaluation System for Use within Outdoor and Area Lighting*. Austria: IHS, 1994.
- [12]. P. Satwiko, "Pemakaian Perangkat Lunak Dialux Sebagai Alat Bantu Prose Belajar Tata Cahaya," *KOMPOSISI*, vol. 9, pp. 142–154, 2011.
- [13]. DIAL GmbH, *DIALux Version 4.9 The Software Standard for Calculating Lighting Layouts*, 16th ed. Lüdenscheid: MESA, 2011.