

PERENCANAAN PENERANGAN PADA OBJEK WISATA CANDI

Ahmad Faishal Akram¹, Sapto Nisworo², Hery Teguh Setiawan³

Teknik Elektro Universitas Tidar Magelang

¹ahmad.faishal.akram@student.untidar.ac.id, ²sapto.nisworo@untidar.ac.id,

³hery.teguh.setiawan@untidar.ac.id

ABSTRAK

Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) pada objek wisata candi ini perlu dikembangkan berdasarkan peraturan presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang percepatan pelaksanaan proyek strategis nasional. Perkembangan proyek dilakukan dengan membuat perencanaan penerangan di bangunan candi menggunakan model lampu 4 titik. Tujuan penelitian ini agar penerangan pada candi lebih optimal sehingga penerangan yang dihasilkan dapat mencapai sudut-sudut candi. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung luas permukaan candi, jumlah lampu, tinggi tiang, kebutuhan beban, pemilihan penghantar, dan pemilihan pengaman. Hasil penelitian ini menggunakan lampu Arena Vision MVF 404 dengan total 128 lampu dan total beban 268.800 watt, kabel NYY 4x10mm dan NYFGBY 4x50mm, sistem pengaman pada panel menggunakan MCB 32A dan MCCB 160A, serta pada hasil perhitungan manual iluminasi 904,35 lux sedangkan pada hasil simulasi Dialux 4.13 rata-rata iluminasi 864,25 lux. Perencanaan penerangan yang dilakukan sudah merata hingga kesudut-sudut candi dengan nilai keseragaman 83%.

Kata kunci: penerangan, lampu, iluminasi, dan Dialux 4.13.

ABSTRACT

National Tourism Strategic Area in this temple tourism object needs to be developed based on presidential regulation Number 3 of 2016 concerning the acceleration of the implementation of national strategic projects. The development of the project is carried out by planning lighting in the temple building using a 4-point lamp model. The purpose of this study is to optimize the lighting in the temple so that the resulting lighting can reach the corners of the temple. This research was conducted by calculating the surface area of the temple, the number of lamps, the height of the poles, the load requirements, the selection of conductors, and the selection of safety. The results of this study use Arena Vision MVF 404 lamps with a total of 128 lamps and a total load of 268,800 watts, NYY 4x10mm and NYFGBY 4x50mm cables, the safety system on the panels uses MCB 32A and MCCB 160A, as well as the results of manual calculations of illumination 904.35 lux while the results Dialux 4.13 simulation has an average illumination of 864.25 lux. The lighting planning has been done evenly to the corners of the temple with a uniformity value of 83%.

Keywords: lighting, lamp, illumination, and Dialux 4.13.

PENDAHULUAN

Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) di objek wisata candi perlu dikembangkan berdasarkan peraturan presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang percepatan pelaksanaan proyek strategis nasional. Melakukan perencanaan penerangan

pada bangunan candi dapat menambah keindahan suasana candi pada malam hari dan diharapkan dapat menjadi andalan untuk mendatangkan devisa.

Penelitian redesain sistem elektrikal stadion Citarum (bagian penerangan lapangan). Peneliti membandingkan antara

penempatan titik lampu dengan desain 4 titik dan desain melingkar menggunakan software Dialux 4.13 yang mengacu pada SNI 03-3647-1994 untuk nilai iluminasi. Hasil dari simulasi dengan menggunakan lampu Philips Arena Vision MVF404 didapatkan bahwa jumlah iluminasi rata-rata pada desain 4 titik (244 lux) lebih kecil dibanding desain melingkar (272 lux), pada kelas 2 jumlah iluminasi rata-rata pada desain 4 titik (406 lux) lebih kecil dibanding desain melingkar (461 lux), pada kelas 3 jumlah iluminasi rata-rata pada desain 4 titik (1333 lux) lebih besar dibanding desain melingkar (1229 lux) [1].

Pemilihan jenis dan warna pencahayaan yang tepat dapat mempengaruhi kesan yang ditangkap oleh pengunjung. Hasil penelitian menunjukkan pemilihan warna kekuningan (warm white) menimbulkan kesan akrab, santai dan ceria, namun pemilihan warna cahaya kekuningan dianggap oleh sebagian pengunjung kurang efisien untuk tujuan-tujuan yang lebih dari sekedar makan, minum maupun bersosialisasi, contohnya untuk rapat dan presentasi [2].

Penelitian pencahayaan olahraga luar ruangan menggunakan meta-heuristic algorithms. Metode yang digunakan perancangan pencahayaan olahraga luar ruangan iluminasi bidang horizontal dan vertikal yang optimal menggunakan simulasi desain pencahayaan dengan perangkat lunak Dialux. Hasil simulasi menunjukan bahwa untuk standar permainan kelas I dan II sudah memenuhi standar yang dibutuhkan untuk permainan kelas I sebesar 900 lux dan permainan kelas II 1200 lux [3].

Teknik konservasi *Demand Side Management* (DSM) untuk meningkatkan efisiensi energi sistem penerangan secara keseluruhan dengan menggunakan peralatan hemat energi *Light Emitting Diodes* (LED), *Centralize Control Monitoring System* (CCMS), *Individual Lighting Device Control* (ILDC) disimulasikan dengan software Dialux. Hasil percobaan yang telah dilakukan di lapangan ternyata konsumsi daya listrik dapat dihemat hingga 40-55%. Selain itu,

penghematan energi dapat diperpanjang hingga 60-65% dengan menambahkan Kontrol Perangkat Pencahayaan Individual, teknologi kontrol Peredupan, dan pengoptimalan tegangan [4].

Penerapan algoritma genetika pada penerangan lapangan sepak bola. Peneliti menggunakan metode pengoptimalan lampu lapangan sepak bola dengan model 4 titik lampu berdasarkan algoritma genetika. Hasil penelitian menunjukkan solusi pencahayaan optimal yang ditemukan menghemat sekitar 25% lumener dibandingkan dengan skema yang ada pada pencahayaan lapangan stadion Olimpiade Ji'nan, dimana terdapat 416 lampu sorot Philips MVF403/2kW yang dirancang khusus untuk pencahayaan olahraga [5].

evaluasi kesilauan lampu penerangan lapangan stadion bumi Sriwijaya terhadap kuat penerangan lampu eksisting. Pencahayaan lapangan yang harus sesuai standar pertandingan internasional yaitu sebesar 1500 lux. Penerangannya dibagi dalam 8 partisi dimana setiap partisi memerlukan lampu 30 buah sehingga jumlah total lampu yang harus dipasang sebanyak 240 buah lampu. Tiang lampu di tempatkan di keempat sudut lapangan, sehingga dibutuhkan sebanyak 60 lampu untuk setiap tiang dengan jumlah lampu eksisting sebanyak 35 unit [6].

Studi kelayakan perancangan sistem pencahayaan Stadion Moch Subroto Magelang. Studi kelayakan ini menggunakan model penempatan lampu 4 titik pada sudut lapangan. Peneliti menggunakan perhitungan manual untuk membantu dalam hal perancangan sistem pencahayaan buatan. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan lampu Philips HNF 207 didapatkan hasil untuk perancangan model 4 titik yang dimana setiap titik atau tiang membutuhkan 34 lampu [7].

Optimalisasi sumber cahaya LED multi-warna untuk suhu warna. Suhu warna adalah salah satu yang paling signifikan karakteristik untuk sumber cahaya karena pengaruhnya pada manusia persepsi visual, ritme sirkadian, emosi, efisiensi kerja, dan

lain-lain. Metode yang dilakukan membuat pengantar singkat tentang pentingnya suhu warna, kemudian algoritma optimasi cahaya kromatisitas diusulkan untuk desain dan kontrol LED. Hasil menunjukkan bahwa algoritma yang diusulkan mampu memenuhi persyaratan warna suhu, sambil mempertahankan fotometrik yang memuaskan dan kinerja listrik dibandingkan dengan metode konvensional [8].

Efisiensi lampu sudah banyak dilakukan menggunakan berbagai metode, pada lapangan stadion terdapat 2 jenis model penempatan lampu yaitu dengan model penempatan lampu 4 titik dan melingkar. Pada penelitian ini akan merencanakan penerangan pada bangunan candi menggunakan model penempatan lampu 4 titik.

METODE PENELITIAN

Pada bangunan candi belum memiliki penerangan yang optimal, sehingga penerangan yang dihasilkan dapat menyeluruh hingga kesudut sudut candi. merencanakan penerangan pada bangunan candi sesuai dengan standar PUIL 2011 untuk instalasinya dan FIFA 2011 untuk penerangannya.

Analisis sistem penerangan yang digunakan menurut (Saleh Al Amin M dkk, 2020). Sistem penerangan menggunakan lampu Arena Vision MVF 403, kabel NYFGbY, proteksi MCB dan MCCB.

Pada standar FIFA 2011 sistem pencahayaan lapangan sepakbola dibedakan menjadi 5 kelas penerangan antara lain kelas I 200 lux; kelas II 500 lux; kelas III 750 lux; kelas IV 1400 lux; dan kelas V 2500 lux. Standar FIFA dapat ditinjau pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi lampu setiap kelas

Kelas	Illuminasi (lux)	Fungsi
I	200	Pelatihan
II	500	Pertandingan liga dan klub (tanpa televisi)
III	750	Pertandingan Nasional
IV	1400	Pertandingan Nasional dan televisi

V	2500	Pertandingan Internasional dan televisi
---	------	---

Sesuai dengan standar FIFA peletakan titik tiang lampu adalah 10 derajat pada titik tengah lebar candi dan 20 derajat dari ¼ lebar candi. Peletakan titik tiang dapat ditinjau pada Gambar 1.

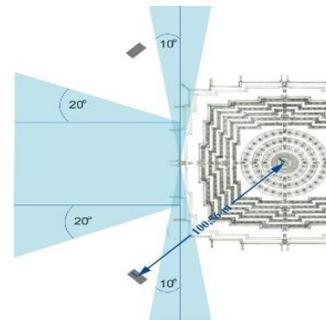
Tingginya tiang lampu yang dibutuhkan dapat mempengaruhi penyebaran cahaya yang lebih maksimal.

$$h = d(\tan 25^\circ) \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

h = tinggi tiang;

d = jarak titik tengah ke tiang.



Gambar 1. Penentuan titik tiang

Lampu Arena Vision MVF404 dirancang untuk pencahayaan outdoor metal halide berteknologi tinggi serta memiliki presisi tinggi yang dapat meningkatkan efek teater dan membuat pengunjung dapat menikmati keindahan candi. Lampu sorot ini menggunakan daya sebesar 2.100 watt dengan kuat penerangan 227.000 lumen dan jenis warna lampu natural white dengan intensitas cahaya 5000 kelvin yang cocok digunakan untuk penerangan outdoor karena memiliki intensitas cahaya yang dapat menembus hujan dan kabut.



Gambar 2. Lampu Arena Vision MVF404

Lampu penerangan membutuhkan armatur agar cahaya yang distribusikan dapat merata di setiap sudut ruangan.

$$n = \frac{E \times A}{\eta \times F \times Kd} \dots \dots \dots (2)$$

$$nx = \frac{n}{x} \dots \dots \dots (3)$$

keterangan:

- n = Jumlah armatur yang diperlukan;
- E = Kuat penerangan;
- A = Luas area (m);
- η = faktor pemeliharaan;
- F = Kuat pencahayaan dari lampu;
- Kd = Faktor depresi;
- nx = Jumlah lampu setiap tiang;
- x = Jumlah tiang.

Ketinggian lampu yang dipasang ditiang lampu biasanya memiliki ketinggian yang berbeda-beda disetiap grupnya.

$$S_{ta} = ((n_t - 1) \times d) + ((n_t - 1) \times Sa) \dots (4)$$

keterangan:

- S_{ta} = Jarak total lampu;
- n_t = Jumlah total grup lampu;
- Sa = Jarak antar lampu;

Kuat penerangan atau iluminasi cahaya sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya penerangan yang jatuh pada suatu bidang permukaan.

$$E = \frac{N \times LL \times Cu \times LLf}{A} \dots \dots \dots (5)$$

keterangan:

- E = Iluminasi;
- N = Jumlah lampu;
- LL = Lumen yang dihasilkan tiap lampu;
- Cu = Coefficient of utilization;
- LLf = Light-loss factor;
- A = Luas bidang (m^2).

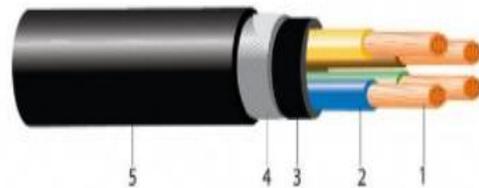
Pencahayaan merata memang tidak mungkin dalam praktiknya, namun standar pada FIFA pemerataan cahaya serendah-rendahnya 80% dari kuat penerangan rata-rata.

$$U0 = \frac{E_{min}}{E_{rata\ rata}} \dots \dots \dots (6)$$

keterangan:

- U0 = Keseragaman;
- E = Iluminasi.

Kabel NYFGbY merupakan kabel tanah thermoplastic dengan perisai baja yang digunakan untuk kabel instalasi tenaga. Kabel ini digunakan jika ada kemungkinan terjadi gangguan mekanis. Penghantar kabel ini menggunakan tembaga dengan isolasi PVC. Konstruksi kabel NYFGbY dapat ditinjau pada Gambar 3.



Gambar 3. Konstruksi kabel NYFGbY

Kemampuan hantar arus adalah batasan dari arus maksimum yang dapat dialirkan secara kontinu dan aman oleh penghantar pada saat keadaan tertentu tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui nilai tertentu. Dalam menentukan luas penghantar yang diperlukan, dapat dipilih berdasarkan arus yang melewati penghantar tersebut.

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} \dots \dots \dots (7)$$

$$KHA = 1,25 \times In \dots \dots \dots (8)$$

keterangan:

- In = Arus nominal (A);
- V = Tegangan (V);
- P = Daya aktif (W);
- $\cos \phi$ = Faktor daya;
- KHA = Kuat hantar arus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei dan data dari Balai Konservasi candi. Ukuran candi memiliki panjang dan lebar 121 meter dan tinggi 35,4 meter. Merencanakan sistem penerangan ini memiliki beberapa tahapan dalam perhitungan:

A. Menghitung tinggi tiang lampu

Ketentuan tingkat kesilauan pada standar FIFA mengatur tinggi tiang lampu membentuk sudut minimal 25 derajat terhadap jarak lampu dan jarak titik tengah candi dengan titik tiang adalah 100,56 meter. Maka

menentukan tinggi tiang lampu menggunakan perhitungan persamaan 1:

$$h = d(\tan 25^\circ)$$

$$h = 100,56 (0,466)$$

$$h = 46,89$$

$$h = 47 \text{ meter}$$

Standar yang digunakan berdasarkan FIFA kelas III dengan iluminasi minimal sebesar 750 lux. Jenis lampu yang digunakan pada perencanaan penerangan di candi menggunakan lampu Arena Vision MVF 404 menghasilkan 227000 lumen dengan daya 2100 watt. Perhitungan jumlah titik lampu yang akan dipasang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$n = \frac{E \times A}{\eta \times F \times Kd}$$

$$n = \frac{900 \times \frac{1}{2} \times 121 \times 70,1 \times 4}{0,66 \times 227000 \times 0,8}$$

$$n = 127,38$$

$$n = 128 \text{ lampu}$$

Pembagian lampu pada keempat tiang menggunakan persamaan 3.

$$nx = \frac{n}{x}$$

$$nx = \frac{128}{4}$$

$$nx = 32 \text{ lampu}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan tinggi tiang lampu 47 meter dan total lampu 128 dengan jumlah lampu pertiangnya 32 buah lampu.

B. Menghitung total tinggi lampu pertiang

Pada perencanaan titik lampu pada tiang lampu dibagi menjadi 8 grup. Menentukan titik penerangan lampu diawali dengan menghitung jarak total armature dengan menggunakan persamaan 4.

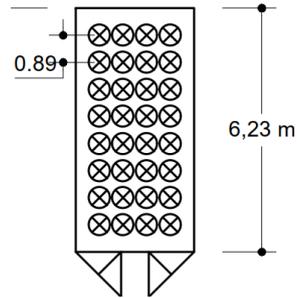
$$S_{ta} = ((n_t - 1) \times d) + ((n_t - 1) \times Sa)$$

$$S_{ta} = ((8 - 1) \times 0,54) + ((8 - 1) \times 0,35)$$

$$S_{ta} = (7 \times 0,54) + (7 \times 0,35)$$

$$S_{ta} = 6,23 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan jarak total armatur 1 tiang dengan 8 grup adalah 6,23meter sehingga jarak antar grup lampu adalah 0,89 meter. Penempatan tinggi tiang setiap grup dapat ditinjau pada Gambar 4.



Gambar 4. Penempatan tinggi lampu setiap grup tiang

C. Hasil iluminasi manual

Perencanaan penerangan pada objek wisata candi menggunakan lampu Arena Vision MFV 404 dengan nilai 227.000 lumen dan daya 2.100 watt. Jumlah keseluruhan yang dipasang adalah 128 lampu. Sehingga Iluminasi pencahayaan pada bangunan candi dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$E = \frac{N \times LL \times Cu \times LLf}{A}$$

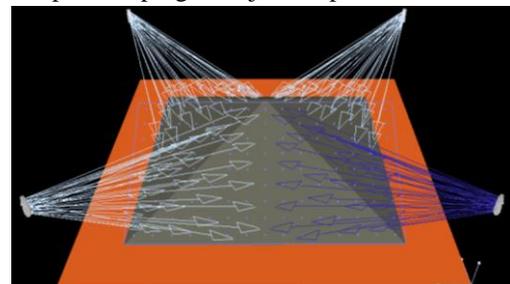
$$E = \frac{128 \times 227.000 \times 0,66 \times 0,8}{\frac{1}{2} \times 121 \times 70,1 \times 4}$$

$$E = 904,35 \text{ lux}$$

Hasil perhitungan perencanaan penerangan pada bangunan candi menggunakan lampu MFV 404 adalah 904,35 lux. Sesuai dengan standar pencahayaan FIFA kelas III minimal penerangan 750 lux sehingga dari hasil tersebut Candi Borobudur sudah memenuhi standar FIFA.

D. Simulasi Dialux 4.13

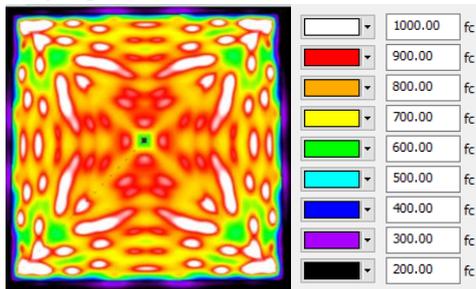
Simulasi penerangan objek wisata candi dimulai dengan menentukan arah sorot lampu yang sekiranya dapat merata keseluruh sudut candi. Hasil penentuan arah sorot lampu tampak samping ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Arah sorot lampu

Setelah menentukan arah sorot lampu dengan lampu Arena Vision MVF 404 dapat

dikalkulasi dan didapatkan hasil pemerataan cahaya. Hasil pemerataan cahaya dapat ditinjau pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pemerataan cahaya

Dari hasil simulasi Dialux di atas memiliki 71 titik hasil iluminasi di setiap tiangnya dengan jumlah total 61.362 dengan rata-rata iluminasi 864,25 lux. Sehingga dapat dihitung nilai keseragaman iluminasi dengan rumus persamaan 6.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{rata\ rata}} = \frac{720}{864,25} = 0,83$$

Dari hasil perhitungan iluminasi perencanaan pada candi memiliki iluminasi 864,25 lux dan keseragaman cahaya 0,83. Sesuai dengan standar FIFA iluminasi pencahayaan nasional memiliki minimal 750 lux dan keseragaman minimal 0,8. Maka hasil simulasi Dialux sudah sesuai dengan Standar FIFA.

E. Menentukan arus penghantar dan proteksi panel SDP

Pada hasil perhitungan titik lampu yang akan dipasang pada bangunan candi setiap tiang lampu terdapat 32 lampu Arena Vision MFV404 dengan daya 2.100 watt dan nilai faktor daya 0,85. Beban setiap grup terdapat 4 lampu dengan total beban sebesar 16.800 watt. Menurut persamaan 7 maka dapat dihitung nilai arus nominal yang mengalir pada penghantar adalah:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{16.800}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 30,03 A$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diperoleh nilai arus nominal 30,03 A, maka disarankan menggunakan pengaman MCB 32A.

Menghitung nilai kuat hantar arus dapat dihitung menggunakan persamaan 8.

$$KHA = 1,25 \times I_n = 1,25 \times 30,03 = 37,54 A$$

Berdasarkan hasil perhitungan kuat hantar arus dengan menggunakan kabel NYFGbY diperoleh ukuran penghantar NYFGbY 4 x 10 mm.

F. Menentukan arus penghantar dan proteksi panel LVMDP

Menentukan penghantar pada setiap panel perlu menghitung arus nominal pada setiap panel dan nilai KHA. Jumlah lampu setiap tiang adalah 32 lampu Arena Vision MFV404 dengan daya 2.100 watt dengan nilai faktor daya 0,85 sehingga Beban 67.200 watt. Menurut persamaan 2.7 maka dapat dihitung nilai arus nominal yang mengalir pada penghantar adalah:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{67.200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85} = 120,12 A$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diperoleh nilai arus nominal 120,12 A, maka disarankan menggunakan pengaman MCCB 160 A.

Menghitung nilai kuat hantar arus dapat dihitung menggunakan persamaan 8.

$$KHA = 1,25 \times I_n = 1,25 \times 120,12 = 150,15 A$$

Berdasarkan perhitungan yang didapat maka diperoleh ukuran penghantar NYY 4x50mm.

G. Pembahasan

Pada perencanaan penerangan pada bangunan candi ditunjukkan hasil perbandingan antara hasil perhitungan manual dan simulasi dialux. Dari perbandingan data antara perhitungan manual dan simulasi dialux menunjukkan selisih yang sedikit

berbeda. pada hasil perhitungan manual iluminasi 904,35 lux sedangkan pada hasil simulasi Dialux 4.13 rata-rata iluminasi 864,25 lux. Selisih perbedaan nilai iluminasi persebaran cahaya ditimbulkan karena perbedaan kondisi yang ditimbulkan dari kedua metode tersebut contohnya perbedaan perhitungan faktor utility dan faktor maintenance.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis sistem penerangan menurut (Saleh Al Amin M dkk, 2020) hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerangan pada bangunan candi membutuhkan 128 lampu dengan total beban penerangan 268.800 watt, dan PLN hanya dapat mencatu 80% dari total daya yang dibutuhkan, sehingga penyambungan langganan ke PLN yaitu 340kVA. Peningkatan kehandalan dan kenyamanan sistem elektrik pada penerangan bangunan candi dibutuhkan genset dengan kapasitas 350 kVA untuk mencatu daya listrik ketika sumber dari PLN terjadi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. H. Sihombing and K. Hermawan, "Redesain Sistem Elektrikal Stadion Citarum (Bagian Penerangan Lapangan)," *Transient*, vol. 8, no. 1, p. pp 18-24, 2019.
- [2] D. A. N. Annisa and K. K. Lestari, "Pengaruh Pemilihan Jenis dan Warna Pencahayaan pada Suasana," *Sinektika*, vol. 18, no. 1, p. pp 78-84, 2021.
- [3] D. Nath and S. Mazumdar, "Weighted Sum based Outdoor Sports Lighting Designing using Meta-Heuristic Algorithms," *2020 IEEE Int. Conf. Power Electron. Smart Grid Renew. Energy, PESGRE 2020*, pp. 1-7, 2020.
- [4] Gopal N. Tarun., "Demand Side Management of Energy Efficient Street Lighting System Through CCMS," *IEEE*, pp. 1-8, 2018.
- [5] H. Xiao, J. Fang, P. Zhu, and Q. Kang, "Application of genetic algorithms in football field lighting for energy-saving," *26th Chinese Control Decis. Conf. 2016*, p. pp 664-669, 2017.
- [6] M. S. Al Amin, Emidiana, and N. Nurdiana, "Evaluasi Kesilauan Lampu Penerangan Lapangan Stadion Bumi Sriwijaya Terhadap Kuat Penerangan Lampu Eksisting," *J. ampere*, vol. 5, no. 1, pp 41-47, 2020.
- [7] R. L. Sanyoto and M. Kusriyanto, "Studi Kelayakan Perancangan Sistem Pencahayaan," vol. 10, no. 1, pp 2-6, 2019.
- [8] Y. Gao, H. Wu, J. Dong, and G. Q. Zhang, "Constrained Optimization of Multi-Color LED Light Sources for Color Temperature Control," *2018 12th China Int. Forum Solid State Light.*, pp. 102-105, 2018.