

Evaluasi Penerangan Tempat Parkir Terbuka (*Outdoor*) pada Wisata Candi

Mizan Al Akmal Faizi*, Sapto Nisworo, Deria Pravitasari
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang

Article Info

Article history:

Submitted January 6, 2023
Accepted February 3, 2023
Published February 9, 2023

Keywords:

Iluminasi,
penerangan tempat parkir,
SNI-7391-2008

*Illumination,
parking lot lighting,
SNI-7391-2008*

ABSTRACT

Penelitian membahas tentang evaluasi penerangan tempat parkir kawasan Candi Borobudur yang beralamat di Jalan Badrawati, Borobudur, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Tujuan yang diharapkan dari evaluasi penerangan tempat parkir yaitu menghasilkan penerangan yang sesuai standar yang berlaku sehingga dapat memberikan keamanan dan kenyamanan pengunjung. Metode yang digunakan yaitu metode komparasi, membandingkan hasil pengukuran dengan SNI 7391:2008, dan memberikan rekomendasi sistem penerangan ketika hasil evaluasi belum sesuai dengan standar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerangan tempat parkir Candi Borobudur belum sesuai SNI, sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang. Perencanaan ulang penerangan merekomendasikan penambahan lampu penerangan yang mulanya 6 lampu penerangan menjadi 18 lampu penerangan. Perencanaan penerangan menggunakan lampu Nikkon S2266 230 W dan lampu Philips BVP651 385 W. Hasil perencanaan dengan mengambil sampel zona A₃ dengan nilai iluminasi 7 lux, setelah dilakukan perencanaan menjadi 16,6 lux sehingga penerangan sudah sesuai dengan SNI 7391:2008.

This study discusses the evaluation of parking lighting in the Borobudur Temple area, which is located at Jalan Badrawati, Borobudur District, Magelang Regency, Central Java. The expected goal of evaluating parking lot lighting is to produce lighting that meets applicable standards so that it can provide safety and comfort for visitors. The method used is the comparative method, comparing the measurement results with SNI 7391:2008 and providing recommendations for lighting systems. The results show that the lighting for the Borobudur Temple parking lot is not in accordance with SNI, so it is necessary to replan by adding lighting ranging from 6 to 18 lights. Lighting planning uses 230 W Nikon S2266 lamp and 385 W Philips BVP651 lamp. By taking the A₃ zone sample with an illumination value of 7 lux, after planning it becomes 16.6 lux so that the lighting is in accordance with SNI 7391:2008.



Corresponding Author:

Mizan Al Akmal Faizi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jalan Kapten Suparman No.39, Tuguran, Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang
Email: *mizan.al.akmal.faizi@untidar.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kawasan Candi Borobudur telah ditetapkan sebagai salah satu KSPN (Kawasan Strategi Pariwisata Nasional) yang dikembangkan berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 3 tahun 2016. Candi Borobudur menjadi sektor pariwisata nasional yang diharapkan dapat meningkatkan devisa, memberikan lapangan pekerjaan, dan meningkatkan perekonomian masyarakat Borobudur. Diambil dari data Badan Pusat Statistik Kabupaten Magelang (BPSKM) bahwa pengunjung domestik tahun 2018-2020 mencapai 8.376.510 pengunjung, sedangkan pengunjung mancanegara tahun 2018-2020 mencapai 465.864 pengunjung. Berdasarkan data statistik tersebut menunjukkan bahwa Candi Borobudur menjadi destinasi wisata internasional [1].

Tempat parkir menjadikan bagian penting dari sektor pariwisata khususnya pada kawasan Candi Borobudur dalam upaya menciptakan ketertiban, keamanan, kelancaran lalu lintas, dan kesejahteraan umum. Tempat parkir pada kawasan Candi Borobudur mempunyai lima bagian yaitu zona A, zona B, zona C, zona D, dan zona E, setiap bagian mempunyai luas daerah dan kebutuhan penerangan yang berbeda-beda. Berdasarkan survei pendahuluan yang telah dilakukan penerangan yang terpasang di tempat parkir Candi Borobudur belum

memenuhi standar SNI sehingga perlu dilakukan evaluasi dengan tujuan menghasilkan penerangan yang baik dan sesuai dengan standar SNI.

Evaluasi penerangan tempat parkir pada kawasan Candi Borobudur dilakukan dengan mengacu SNI-7391-2008 tentang standar penerangan jalan [2]. Diharapkan pada kawasan Candi Borobudur memiliki penerangan yang sesuai dengan acuan yang berlaku, mendukung strategis pariwisata nasional, dan memberikan keamanan pada saat malam hari. Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi hasil evaluasi penerangan yaitu jarak antar tiang yang terpasang, jenis lampu yang digunakan, dan pengotoran lampu [3]. Pemasangan dan perencanaan penerangan harus memperhatikan kondisi jalan dan luas badan jalan, sehingga dalam pemasangan titik lampu penerangan menyesuaikan dengan standar tingkat pencahayaan dan area jalan yang akan direncanakan [4].

Pemilihan lampu penerangan yang kurang tepat dapat menyebabkan pemborosan dan tingkat intensitas yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar sehingga perlu adanya perhitungan untuk menghasilkan lampu penerangan yang sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan lampu penerangan jenis *LED* dapat lebih efisien dan hemat energi daripada menggunakan jenis lampu lainya [5]. Keuntungan menggunakan lampu *LED* selain lebih efisien, lampu *LED* dapat mengurangi penggunaan energi hingga 60% [6]. Penerangan yang terpasang dengan baik sesuai dengan standar yang berlaku dapat meningkatkan keamanan, kelancaran, dan kenyamanan bagi pengguna jalan [7]. Penggunaan temperatur warna lampu juga mempengaruhi dari segi keindahan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Temperatur warna yang digunakan dalam perencanaan yaitu *warmwhite* atau putih kekuning-kuningan. Dengan menggunakan lampu berwarna kuning akan meningkatkan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan [8].

Penelitian melakukan evaluasi penerangan tempat parkir kawasan Candi Borobudur untuk mendukung kawasan strategis pariwisata nasional. Evaluasi penerangan tempat parkir kawasan Candi Borobudur dilakukan dengan merujuk pada standar SNI 7391:2008 tentang standar penerangan jalan. Evaluasi dilakukan dengan mengukur langsung tingkat pencahayaan dengan menggunakan alat ukur lux meter, kemudian hasil data diolah, dan melakukan simulasi menggunakan *software* Dialux Evo 11.0. Evaluasi penerangan tempat parkir belum banyak dilakukan, evaluasi penerangan umumnya dilakukan untuk penerangan jalan, maka pada penelitian ini membahas tentang evaluasi penerangan tempat parkir di wisata Candi. Penelitian diharapkan dapat bermanfaat dalam memberikan kontribusi dalam upaya mengevaluasi penerangan tempat parkir kawasan Candi Borobudur sesuai dengan standar yang berlaku dan diharapkan bagi dunia pendidikan, mampu menambah wawasan dan sumber referensi ilmu pengetahuan di bidang elektro tentang sistem penerangan yang baik untuk tempat parkir di kawasan Candi Borobudur.

Pada penelitian terdahulu dengan judul “Kajian Pencahayaan Pada Area Parkir” yang dilakukan di kawasan kampus Universitas Balikpapan, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur ini melakukan evaluasi penerangan pada tempat parkir di kampus, hasil yang diperoleh data penelitian penerangan belum memenuhi standar SNI 7391:2008. Pada penelitian tersebut belum memberikan solusi dari permasalahan yang ada dalam penerangan di tempat parkir kampus agar penerangan yang terpasang sesuai dengan standar [9]. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya [9] yaitu melakukan rekomendasi sistem penerangan tempat parkir agar penerangan yang terpasang sesuai dengan standar SNI 7391 2008 dan melakukan simulasi hasil perencanaan menggunakan *software* Dialux Evo 11.0. Penelitian tentang evaluasi penerangan tempat parkir di Candi belum banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu sehingga dalam penelitian ini menggunakan referensi penelitian terdahulu yang mendekati dengan penelitian yang dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Penerangan tempat parkir yang terpasang di Candi Borobudur belum memiliki penerangan yang lengkap, sehingga penerangan yang dihasilkan belum menyeluruh sampai sudut-sudut tempat parkir. Perencanaan ulang diperlukan untuk menghasilkan penerangan yang optimal dan meningkatkan keamanan dan keamanan pengunjung. Pada evaluasi penerangan mengacu pada standar SNI 7391:2008 tentang standar penerangan jalan umum. Kualitas pencahayaan khususnya untuk penerangan tempat parkir terbuka sudah diatur dalam standar SNI 7391:2008. Pada Tabel 1 merupakan tingkat pencahayaan tempat parkir terbuka yang sudah diatur dalam standar SNI 7391:2008.

Tabel 1. Kualitas pencahayaan pada daerah tempat parkir

Tingkat kegiatan lingkungan di lokasi	Kuat pencahayaan pada tempat parkir terbuka (lux)	
	Untuk tujuan	
	Lalu-lintas kendaraan	Keselamatan pejalan kaki
Rendah	5	2
Sedang	11	6
Tinggi	22	10

Rumah lampu atau armatur merupakan komponen kelistrikan yang berfungsi untuk pengendalian dan pendistribusian cahaya yang dipancarkan dari lampu yang terdapat di dalamnya. Peralatan armatur digunakan untuk perlindungan lampu dan peralatan pengendalian listrik. Menentukan jumlah armatur dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$N = \frac{E \times A}{LL \times Cu \times Kd} \quad (1)$$

dengan: N = jumlah armatur yang diperlukan

E = kuat penerangan (lux)

A = luas area (M)

LL = kuat penerangan dari lampu

Kd = faktor depresi

Cu = faktor pemeliharaan.

Iluminasi merupakan jumlah cahaya yang jatuh ke permukaan seluas satu meter persegi sejauh satuan meter dari sumber cahaya satu lumen dalam satuan lux. Iluminasi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

$$E = \frac{N \times LL \times Cu \times LLf}{A} \quad (2)$$

dengan: E = iluminasi (lux)

N = jumlah lampu

LL = lumen yang dihasilkan tiap lampu

Cu = *coefficient of utilization*

LLf = *light-loss factor*

A = luas bidang (m²).

Faktor yang mempengaruhi biaya penggunaan energi listrik yaitu besarnya daya beban dan daya lampu penerangan yang digunakan pada tempat parkir Candi Borobudur. Maka perhitungan biaya penggunaan energi listrik dan kebutuhan total daya penerangan tempat parkir Candi Borobudur menggunakan Persamaan (3) dan Persamaan (4) berikut:

$$P_{total} = n \times P \quad (3)$$

$$E_{load} = P_{total} \times t \quad (4)$$

dengan: P_{total} = daya lampu total (Watt)

n = jumlah lampu terpasang

P = daya lampu (Watt)

E_{total} = energi yang dibutuhkan atau beban (Watt hour)

P_{total} = daya beban atau lampu total (Watt)

t = lama pemakaian beban dalam satu hari (hour).

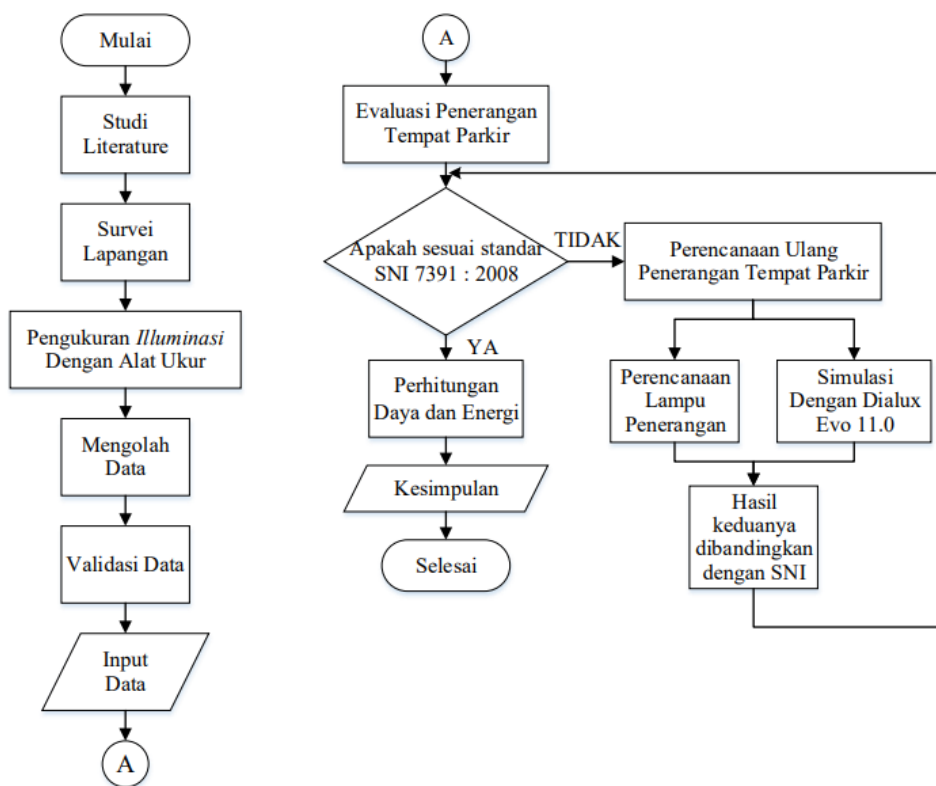
Lux meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya pada suatu tempat. Lux meter dilengkapi dengan sensor cahaya yang memiliki kepekaan tinggi terhadap perubahan jumlah cahaya yang ditangkap. Lux meter juga dapat disebut *light* meter digital yang mana satuan lux meter adalah lux. Alat ukur lux meter mempunyai rentang akurasi, dengan nilai akurasi paling tinggi sebesar 3%, nilai akurasi dapat berubah berdasarkan intensitas cahaya di suatu tempat, semakin tinggi cahaya intensitas maka nilai akurasi alat ukur lux meter akan turun. Lux meter dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lux meter

Proses dalam melakukan evaluasi penerangan dimulai dengan melakukan studi literatur, kemudian melakukan survei lapangan dan melakukan pengukuran nilai iluminasi penerangan yang terpasang di tempat parkir Candi Borobudur dengan lux meter. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kemudian diolah dan dibandingkan dengan standar SNI, ketika data yang diperoleh sudah sesuai dengan standar maka evaluasi selesai, jika data yang diperoleh belum sesuai dengan standar maka dilakukan perencanaan ulang sistem penerangan tempat parkir. Perencanaan penerangan dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap pertama melakukan perencanaan penerangan dengan perhitungan manual menggunakan persamaan yang digunakan, tahap kedua yaitu melakukan simulasi dengan *software* Dialux Evo 11.0. Hasil dari perencanaan perhitungan manual dengan simulasi dibandingkan dengan standar SNI 7391:2008 tentang penerangan jalan umum, jika sudah sesuai dengan SNI

maka perencanaan penerangan berhasil, jika belum sesuai dengan SNI maka dilakukan pengecekan ulang terkait data-data yang digunakan untuk perencanaan penerangan tempat parkir. Kemudian melakukan perhitungan daya dan energi yang dibutuhkan untuk melakukan perencanaan ulang penerangan. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



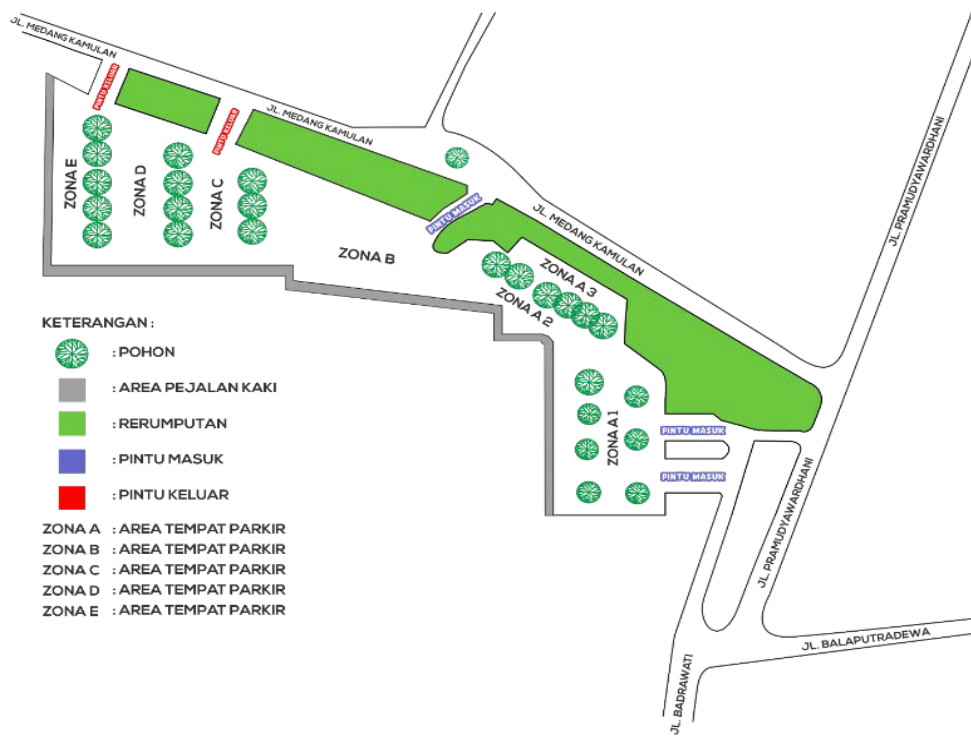
Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh setelah pengumpulan data selesai yang dilakukan di tempat parkir Candi Borobudur dengan data jenis lampu terpasang, pengaman terpasang, dan jumlah lampu yang terpasang.

3.1 Spesifikasi Tempat Parkir Candi Borobudur

Tempat parkir kawasan Candi Borobudur mempunyai luas kurang lebih 22.270,27 m². Tempat parkir pada kawasan Candi Borobudur terbagi menjadi lima bagian yaitu zona A, zona B, zona C, zona D, dan zona E, masing-masing zona tempat parkir tersebut mempunyai ukuran luas yang berbeda beda. tempat parkir kawasan Candi Borobudur mempunyai tiga pintu masuk dan dua pintu keluar. Pintu masuk tempat parkir melewati Jalan Badrawati dan Jalan Medang Kamulan, sedangkan untuk pintu keluar tempat parkir melewati zona C dan zona E menuju jalan Medang Kamulan. Sketsa tempat parkir diunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa tempat parkir kawasan Candi Borobudur

3.2 Spesifikasi Lampu yang Terpasang

Pada tempat parkir kawasan Candi Borobudur lampu yang terpasang menggunakan lampu *Philips Master HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12*, seperti pada Gambar 4 berikut [10].



Gambar 4. Philips Master HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12

Pada tempat parkir kawasan candi Borobudur menggunakan lampu HPI-T 400W dengan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Lampu Philips Master HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12

No	Indikator	Nilai
1	<i>Bulb Finish</i>	<i>Clear</i>
2	<i>Bulb Snape</i>	T46 [T 46mm]
3	<i>Life To 5% Failures</i>	5000 h
4	<i>Life To 10% Failures</i>	7500 h
5	<i>Life To 20% Failures</i>	11000 h
6	<i>Life To 50% Failures</i>	20000 h
7	<i>Color Code</i>	645 [CCT of 4500k]
8	<i>Luminous Fluk</i>	30000 lm
9	<i>Correlated Color Temperature</i>	4500 K
10	<i>Color Rendering Index</i>	65
11	<i>Luminous Efficacy (Rated)</i>	83 lm/W
12	<i>Ignition Supply Voltage</i>	198 V
13	<i>Voltage</i>	135 V
14	<i>Bulb Temperature (Max)</i>	600 °C

3.3 Perbandingan hasil pengukuran dan hasil perhitungan

Hasil perhitungan yang sudah dilakukan kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan mengacu pada SNI-7391-2008. Tabel 3 merupakan tabel perbandingan antara hasil perhitungan manual dengan hasil pengukuran.

Tabel 3. Perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan

No.	Zona	Area	Jumlah Lampu	Jenis Lampu	Daya lampu (Watt)	Standar SNI	Rata-Rata Pengukuran	Perhitungan	Kesesuaian	
									Pengukuran	Perhitungan
1	A	1					Belum ada penerangan			
1	A	2	1	Master HPI-T Plus	400	11 - 22	14,66	10,04	S	TS
1	A	3	1	Master HPI-T Plus	400	11 - 22	7	9,6	TS	TS
2	B		1	Master HPI-T Plus	400	5 - 11	7	5,14	S	S
3	C						Belum ada penerangan			
4	D		1	Master HPI-T Plus	400		Lampu yang terpasang padam			
5	E	1	1	Master HPI-T Plus	400	11 - 22	7	11,24	TS	S
5	E	2	1	Master HPI-T Plus	400	11 - 22	5,33	6,03	TS	TS

Berdasarkan Tabel 3, penerangan yang terpasang di tempat parkir dengan menggunakan rata-rata 1 lampu penerangan jenis HP-IT dengan daya 400 W belum bisa memberikan penerangan yang secara menyeluruh sampai ke sudut-sudut tempat parkir dan kebanyakan dari lampu yang terpasang belum sesuai dengan standar, sehingga perlu adanya perencanaan ulang yang dilakukan agar penerangan yang terpasang dapat memberikan penerangan yang baik dan sesuai dengan standar. Pada Tabel 3 terdapat simbol "S" dan "TS", keduanya mempunyai arti yang berbeda, simbol "S" artinya sesuai dan simbol "TS" artinya tidak sesuai.

3.4 Perencanaan Lampu Penerangan Tempat Parkir Candi Borobudur

Lampu penerangan zona A pada tempat parkir memiliki tiga bagian yaitu zona A₁, zona A₂, dan zona A₃. Setiap bagian tempat parkir zona A mempunyai luas yang berbeda-beda. Dalam perencanaan penerangan mengambil sampel perhitungan pada zona A₁ dikarenakan mempunyai luas yang lebih besar, perhitungan yang dilakukan lebih banyak, dan untuk perhitungan nilai iluminasi pada zona A₂, A, B, C, D, dan E menggunakan persamaan yang sama yaitu persamaan (1) dan persamaan (2).

Berikut adalah perhitungan nilai iluminasi pada zona A₁. Tempat parkir zona A₁ mempunyai tiga bagian yaitu bagian a, bagian b, dan bagian c. Setiap bagian tersebut mempunyai luas yang berbeda-beda.

3.4.1 Perencanaan Lampu Penerangan Bagian a

Pada perencanaan lampu tempat parkir bagian a menggunakan lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) dengan nilai 28.300 lumen dan daya 230 watt. Luas permukaan tempat parkir bagian a adalah 1870,68 m². Maka perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan sesuai dengan persamaan (1) adalah:

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

$$N = \frac{22 \times 1870,68}{28300 \times 0,66 \times 0,8}$$

$$N = 2,2$$

$$N = 2$$

Sehingga perhitungan nilai iluminasi dapat diketahui sesuai dengan persamaan (2) adalah:

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

$$E = \frac{2 \times 28300 \times 0,66 \times 0,8}{1870,68}$$

$$E = 15,97 \text{ lux.}$$

Sehingga penerangan lampu tempat parkir pada bagian a menggunakan dua lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) 230 watt dengan menghasilkan 15,97 lux, berdasarkan analisis perhitungan sudah memenuhi SNI 7931:2008 yaitu 11-22 lux.

3.4.2 Perencanaan Lampu Penerangan Bagian b

Pada perencanaan lampu tempat parkir bagian b menggunakan lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) dengan nilai 28.300 lumen dan daya 230 watt. Luas permukaan tempat parkir bagian b adalah 1704,1 m². Maka perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan sesuai dengan persamaan (1) adalah:

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

$$N = \frac{22 \times 1704,1}{28300 \times 0,66 \times 0,8}$$

$$N = 2,5$$

$$N = 2$$

Sehingga perhitungan nilai iluminasi dapat diketahui sesuai dengan persamaan (2) adalah:

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

$$E = \frac{2 \times 28300 \times 0,66 \times 0,8}{1704,1}$$

$$E = 17,53 \text{ lux.}$$

Sehingga penerangan lampu tempat parkir pada bagian b menggunakan dua lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) 230 watt dengan menghasilkan 17,53 lux, berdasarkan analisis perhitungan sudah memenuhi SNI 7931:2008 yaitu 11-22 lux.

3.4.3 Perencanaan Lampu Penerangan Bagian c

Pada perencanaan lampu tempat parkir bagian c menggunakan lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) dengan nilai 28.300 lumen dan daya 230 watt. Luas permukaan tempat parkir bagian c adalah 1383,3 m². Maka perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan (1) adalah:

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

$$N = \frac{22 \times 1383,3}{28300 \times 0,66 \times 0,8}$$

$$N = 2$$

Sehingga perhitungan nilai iluminasi dapat diketahui dengan persamaan (2) adalah:

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

$$E = \frac{2 \times 28300 \times 0,66 \times 0,8}{1383,3}$$

$$E = 21,6 \text{ lux.}$$

Sehingga penerangan lampu tempat parkir pada bagian c menggunakan dua lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) 230 watt dengan menghasilkan 21,6 lux, berdasarkan analisis perhitungan sudah memenuhi SNI 7931:2008 yaitu 11-22 lux.

3.5 Perhitungan daya dan energi yang dibutuhkan

Perhitungan daya dan energi dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu bagian satu untuk perhitungan daya dan energi zona A, C, D, dan E sedangkan bagian dua untuk perhitungan daya dan energi zona B dan sebagian zona A. Perhitungan daya untuk lampu penerangan zona A, C, D, dan E yaitu

$$P_{ACDE} = n \times P$$

$$P_{ACDE} = (8 \times 230) + (6 \times 385)$$

$$P_{ACDE} = 4150 \text{ watt}$$

Selanjutnya ketika sudah diketahui daya maka melakukan perhitungan energi yang digunakan:

$$E_{load} = P_{total} \times t$$

$$E_{load} = 4150 \times 4$$

$$E_{load} = 16,6 \text{ kWh}$$

Pada bagian dua yaitu penerangan zona B dan sebagian zona A mempunyai empat lampu penerangan dan menyala selama 12 jam. Pada zona ini menyala lebih lama dikarenakan untuk meningkatkan segi keamanan pada tempat parkir Candi Borobudur pada malam hari ketika sudah tidak ada pengunjung. Pada zona B dan

sebagian zona A dilengkapi dengan *timer* yang digunakan untuk menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis sesuai dengan keinginan pengguna. Pada perencanaan penerangan zona B dan sebagian zona A menyala dari pukul enam sore sampai pukul enam pagi. Maka perhitungan daya sebagai berikut:

$$P_{BdanA} = n \times P$$

$$P_{BdanA} = 4 \times 230$$

$$P_{BdanA} = 920 \text{ watt}$$

Selanjutnya ketika sudah diketahui daya maka melakukan perhitungan energi yang digunakan:

$$E_{load} = P_{total} \times t$$

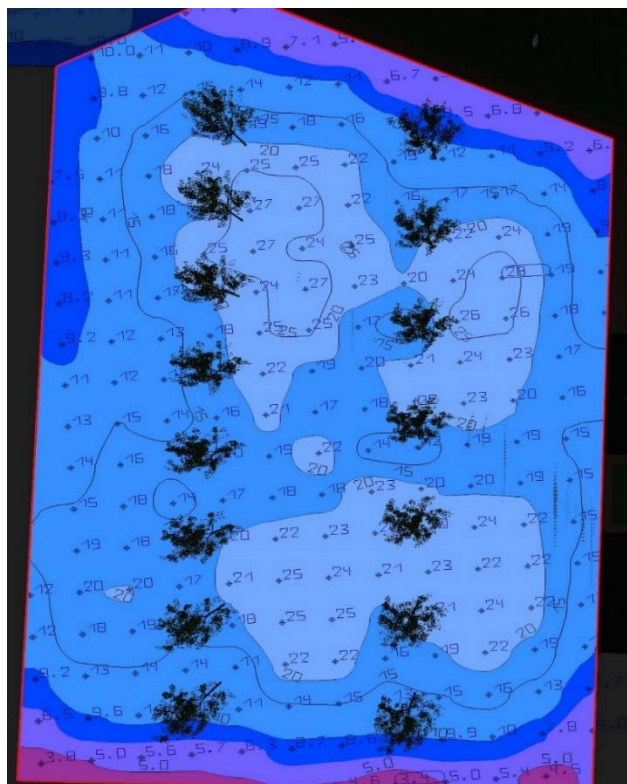
$$E_{load} = 920 \times 12$$

$$E_{load} = 11,04 \text{ kWh}$$

Penggunaan energi per hari yang digunakan pada tempat parkir Candi Borobudur adalah 16,6 kWh + 11,04 kWh = 27,64 kWh per hari. Sehingga penggunaan energi listrik pada penerangan tempat parkir Candi Borobudur sebesar 27,64 kWh x 30 hari = 829,2 kWh per bulan.

3.6 Hasil simulasi dengan software Dialux Evo 11.0

Hasil simulasi diambil sampel pada zona A1 dikarenakan mempunyai luas wilayah yang lebih besar dari pada zona lainnya dan melakukan perhitungan nilai iluminasi yang lebih banyak dari zona lainnya. Pada Gambar 5 merupakan hasil simulasi zona A1. Pada Gambar 5 tertera angka-angka yang artinya untuk menunjukkan nilai iluminasi pada setiap sudut tempat parkir, terlihat pada Gambar penerangan yang direncanakan sudah menghasilkan tingkat pencahayaan yang secara merata sampai ke sudut-sudut tempat parkir pada zona A1.



Gambar 5. Hasil simulasi dengan software Dialux Evo 11.0

Pada Tabel 4 merupakan hasil nilai iluminasi pada tempat parkir zona A1. Berdasarkan pada Tabel 4 nilai rata-rata pencahayaan yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar SNI 7391:2008 yaitu 11-22 lux.

Tabel 4. Nilai iluminasi dari hasil simulasi software Dialux Evo 11.0

Properties		E	E_{min}	E_{max}	G_1	G_2	Index
Zona	A ₁ : <i>perpendicular</i>	15,8 lux	3,39 lux	27,6 lux	0,21	0,12	CG1
Illuminance Height: 0.000 m							

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 nilai pencahayaan rata-rata dari hasil simulasi menggunakan jenis lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) dengan tinggi

lampu 15 meter yaitu sebesar 15,8 lux. Dapat dilihat pada Tabel 4 untuk hasil simulasi pada tempat parkir zona A bagian satu didapat nilai pencahayaan rata-rata minimum yaitu 3,39 lux dan kuat pencahayaan rata-rata maksimum yaitu 27,6 lux. Sehingga merujuk pada standar SNI 7391 tahun 2008 nilai iluminasi yang dihasilkan dari simulasi sudah sesuai dengan standar penerangan tempat parkir luar ruangan atau *outdoor*.

G_1 dan G_2 merupakan nilai keseragaman cahaya yang dihasilkan dari perencanaan. Nilai keseragaman didefinisikan sebagai hasil dari E_{min} dibagi dengan E dan E_{min} dibagi dengan E_{max} . Nilai keseragaman perlu diperhatikan karena menjadi sangat penting untuk menjaga tingkat kecerahan yang menciptakan kenyamanan bagi pengguna jalan. Nilai keseragaman yang rendah dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan yang dapat menyebabkan kecelakaan ataupun yang lainnya. Maka semakin tinggi nilai keseragaman semakin baik karena menunjukkan bahwa pemerataan cahaya atau distribusi cahaya yang dihasilkan baik.

Hasil simulasi yang sudah dilakukan kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan yang sudah dihitung menggunakan persamaan yang digunakan. Hasil perbandingan simulasi dan perencanaan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil simulasi dan hasil perencanaan penerangan tempat parkir

No.	Zona	Area	Bagian	Jumlah lampu	Jenis Lampu	Hasil	Hasil	Standar SNI	Kesesuaian dengan Standar SNI	
						Simulasi Perencanaan (Lux)	Perhitungan Iluminasi (lux)		Perencanaan	Perhitungan
1	A	1	a	2	LED nikkon 230W	15.8	15,97	11 - 22	S	S
1	A	1	b	2	LED nikkon 230W	15.8	17,53	11 - 22	S	S
1	A	1	b	2	LED nikkon 230W	15.8	21,6	11 - 22	S	S
1	A	2		2	LED nikkon 230W	15.5	18,83	11 - 22	S	S
1	A	3		2	LED nikkon 230W	16.6	18,2	11 - 22	S	S
2	B			2	LED nikkon 230W	9.48	9,47	5 - 11	S	S
3	C			2	Philips 385W	17.1	19,36	11 - 22	S	S
4	D			2	Philips 385W	16.7	18,15	11 - 22	S	S
5	E			2	Philips 385W	13.7	16,94	11 - 22	S	S

Berdasarkan Tabel 5 tempat parkir Candi Borobudur memiliki lima zona dan memiliki standar penerangan yang berbeda. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penerangan yang direncanakan baik dari hasil perhitungan dan hasil simulasi dengan *software* Dialux Evo 11.0 sudah sesuai dengan standar SNI 7391:2008, simbol "S" pada tabel menunjukkan bahwa perencanaan penerangan sudah sesuai dengan standar SNI. Pada perencanaan ulang penerangan tempat parkir menggunakan 2 lampu penerangan di setiap zona parkir dengan tujuan dapat menghasilkan penerangan yang sesuai dengan SNI dan menghasilkan penerangan yang merata sampai sudut-sudut tempat parkir.

3.7 Pembahasan

Perencanaan penerangan yang dilakukan mengacu pada standar penerangan SNI 7391:2008 yaitu 5-11 lux untuk kepadatan lalu lintas rendah-sedang dan 11-22 lux untuk kepadatan lalu lintas sedang-tinggi. Dalam perencanaan penerangan tempat parkir Candi Borobudur menggunakan 2 jenis lampu yaitu lampu NIKKON S2266 LEDXION K10119 230W LED Floodlight (NB19) Type 4 (3000K) dengan daya 230 menghasilkan 28.300 lumen dan lampu Philips BVP651 T25 1 x LED 490-4S/830 S dengan daya 385 watt menghasilkan 42.140 lumen. Perencanaan penerangan menggunakan 18 lampu penerangan dan tinggi tiang yang direncanakan untuk lampu penerangan tempat parkir yaitu 15 meter dari permukaan tanah. Hasil simulasi menggunakan *software* Dialux Evo 11.0 didapatkan pada zona A bagian satu 15,8 lux, zona A bagian dua nilai iluminasi 15,5 lux, zona A bagian tiga nilai iluminasi 16,6 lux, zona B nilai iluminasi 9,48 lux, zona C nilai iluminasi 17,1 lux, zona D nilai iluminasi 16,7 lux, zona E nilai iluminasi 13,7 lux, maka hasil simulasi Dialux Evo 11.0 sudah sesuai dengan standar SNI 7391:2008 yang diharapkan. Perencanaan penerangan dengan menggunakan lampu LED lebih baik digunakan dari pada menggunakan jenis lampu gas bertekanan HPS atau jenis lampu MH (*metal halide*) [11]. Pada penelitian sebelumnya menggunakan lampu jenis SOX untuk penerangan tempat parkir sehingga kurang

dalam memberikan penerangan karena dari segi pengaruh dari objek warna, lampu SOX sangat buruk [9], sehingga pada penelitian ini menggunakan lampu *LED* untuk jenis lampu penerangan yang digunakan.

Penelitian yang sudah dilakukan merupakan penelitian pengembangan dari penelitian terdahulu tentang evaluasi penerangan. Berdasarkan penelitian terdahulu belum mencantumkan solusi apa yang akan dilakukan ketika penerangan yang terpasang belum sesuai dengan standar SNI, maka dari itu pada penelitian ini melakukan penelitian tentang evaluasi penerangan tempat parkir dan memberikan solusi yang harus dilakukan ketika penerangan yang terpasang belum sesuai dengan standar [12][13]. Penelitian ini memberikan solusi untuk melakukan perencanaan ulang sistem penerangan tempat parkir Candi Borobudur dengan harapan penerangan yang terpasang sesuai dengan standar SNI 7392:2008 tentang penerangan [14] khususnya jalan umum.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi penerangan tempat parkir Candi Borobudur dengan menggunakan 6 lampu penerangan dan menggunakan lampu jenis HPI-T 400W dapat disimpulkan bahwa penerangan yang terpasang belum sesuai dengan SNI dan belum mampu memberikan penerangan yang cukup sampai ke sudut-sudut tempat parkir. Selanjutnya hasil dari perencanaan penerangan tempat parkir merekomendasikan untuk penambahan lampu penerangan menjadi 18 lampu penerangan dengan harapan lampu penerangan yang direncanakan sesuai dengan standar SNI. Hasil perencanaan penerangan menunjukkan bahwa pada zona A bagian satu nilai iluminasi 15,8 lux, zona A bagian dua nilai iluminasi 15,5 lux, zona A bagian tiga nilai iluminasi 16,6 lux, zona B nilai iluminasi 9,48 lux, zona C nilai iluminasi 17,1 lux, zona D nilai iluminasi 16,7 lux, zona E nilai iluminasi 13,7 lux, maka hasil simulasi Dialux Evo 11.0 dengan perencanaan penerangan yang dihasilkan dianggap sesuai dengan standar SNI 7391 2008. Daya yang dihasilkan pada tempat parkir Candi Borobudur dengan menggunakan 18 lampu penerangan yaitu 5070 watt. Energi yang dihasilkan sebesar 26,4 kWh per hari dan sebesar 792 kWh per bulan. Selanjutnya untuk penelitian selanjutnya bisa dikembangkan lagi untuk melakukan evaluasi atau perhitungan secara berkala tentang perencanaan yang sudah dilakukan di antaranya mengukur nilai iluminasi yang dihasilkan secara berkala untuk mengetahui tinggi rendahnya nilai pengotoran lampu yang terjadi dan lebih dikembangkan lagi untuk parameter yang digunakan untuk melakukan perencanaan seperti memperhitungkan kondisi lingkungan, menambahkan parameter jarak antar tiang pada saat simulasi, memperhitungkan jenis tumbuhan yang ada, dan menambahkan penghematan energi lampu di masa mendatang.

REFERENSI

- [1] BPSKM, "Pengunjung Candi Borobudur 2018-2020," *BPS Kab. Magelang*, 2023.
- [2] BSN, "SNI 7391:2008 Tentang Spesifikasi Penerangan Jalan Di Kawasan Perkotaan," hal. 1–49, 2008.
- [3] N. Nurdiana, "Evaluasi Iluminasi Lampu Penerangan Jalan Soekarno - Hatta Palembang," *Jurnal Ampere*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2017. <https://doi.org/10.31851/ampere.v1i2.896>
- [4] J. M. Tambunan, A. G. Hutajulu, and H. Husada, "Perancangan Dan Penataan Penerangan Jalan Umum Dengan Aplikasi Dialux evo 8.2 di Jalan Depok Cilodong," *Energi & Kelistrikan*, vol. 12, no. 2, hal. 111–120, 2020. <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.982>
- [5] Y. Jiang et al., "Field evaluation of selected light sources for roadway lighting," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 5, no. 5, hal. 372–385, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.05.002>
- [6] A. Hasibuan, W. V. Siregar, and I. Fahri, "Penggunaan LED pada Lampu Penerangan Jalan Umum untuk Meningkatkan Efisiensi dan Penghematan Energi Listrik," *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 4, no. 1, hal. 18–32, 2020.
- [7] M. Syukri, T. Multazam, and A. Malek, "Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum di Kampus UNIDA," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 6, no. 4, hal. 2493–2498, 2021. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3526>
- [8] M. Liu et al., "Evaluating Street Lighting Quality in Residential Areas by Combining Remote Sensing Tools and a Survey on Pedestrians' Perceptions of Safety and Visual Comfort," *Remote Sensing*, vol. 14, no. 4, 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14040826>
- [9] R. dan L. Y. Sarlita, "Kajian Pecahayaan Pada Area arkir," *Kaji. Pecahayaan Pada Area Parkir*, 2018.
- [10] Philips Lighting, "Lighting MASTER HPI-T Plus Dimensional Drawing," Philips, 2021.
- [11] M. Mustaqim and M. Haddin, "Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008," *Setrum: Sistem – eKndali – Tenaga – elektRonika – telekomUnikasi - koMputer*, vol. 6, no. 1, hal. 106, 2017. <http://dx.doi.org/10.36055/setrum.v6i1.2260>
- [12] R. Rudini, E. Priatna, and I. Usrah, "Analisis Pencahayaan Penerangan Jalan Umum di Jalan Tol Kabupaten Pangandaran dan Peluang Hemat Energi," *Jurnal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 1, hal. 8-18, 2021. <https://doi.org/10.37058/jee.v3i1.2693>
- [13] N. Shamin and N. A. K. Demak, "Evaluasi Tingkat Penerangan Jalan Umum (PJU) Di Kota Gorontalo (Studi Kasus : Ruas Jalan Prof. Dr. Jhon Katili)," *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan*

- Teknologi*, vol. 7, no. 1, hal. 44–61, 2019. <https://doi.org/10.37971/radial.v7i1.183>
- [14] A. R. Manyurang and B. Sudibya, “Evaluasi Sistem Pencahayaan dan Penggunaan Energi Listrik pada Lampu Sorot di Gelanggang Olah Raga Kridosono Yogyakarta,” *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls (AVITEC)*, vol. 4, no. 1, hal. 13-26, 2022. <http://dx.doi.org/10.28989/avitec.v4i1.1128>