

DESAIN DAN ANALISIS KUALITAS PENCAHAYAAN BERBASIS PERANGKAT LUNAK DIALUX EVO 8.1

Riski Febriyursandi¹⁾, Azriyenni Azhari Zakri²⁾, Amir Hamzah³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

Email: riski.febriyursandi@student.unri.ac.id; azriyenni@eng.unri.ac.id; amir.hamzah@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

This research develops and implements a method for calculating lighting systems for classrooms at Khairul Ummah Islamic Boarding School. The lumen method is one of the methods used to determine the number of luminaires needed to improve lighting quality according to the SNI 6197: 2011 standard. The number of luminaires obtained in this study was included in the simulation for DIALux evo 8.1 software. The results obtained from this study show that the lighting in the classrooms at MTs and MA Khairul Ummah Islamic Boarding School has not reached the recommended standard for classrooms, where the direct measurement results of the average lighting level of class IX-E is 10.79 lux, while in the class X IPA 3 is 11.66 lux. To improve this condition, class IX-E requires the number of luminaires of 15 points and class X IPA 3 requires a luminaire of 12 points. The difference in results obtained from mathematical calculations using the lumen method and the simulation results of DIALux software for class IX-E is 15.6% and in class X IPA 3 is 3.4%. The value of investment costs is necessary in order to make improvements to the lighting system in these two schools which are worth Rp. 2,700,000.00 to provide 27 Philips LED bulb 27 watt lamps.

Keywords: Classroom, DIALux evo 8.1, Investmen Cost, Lighting, Lumen Method

I. PENDAHULUAN

Pencahayaan buatan harus dilihat dari sisi kualitas dan kuantitasnya. Makna buatan bukanlah sekadar menyediakan lampu dan terangnya, namun lebih dari itu, pencahayaan dapat membentuk suasana didalam ruang. Pencahayaan tidak hanya masalah praktis namun juga masalah estetika. Berdasarkan sudut pandang demikian, pemilihan bentuk, jenis lampu dan posisi peletakan dapat menjadi suatu pekerjaan yang mengandung unsur yang menyenangkan (Rohadi, 2017)

Pendidikan umumnya dilaksanakan diwaktu siang hari, namun berbeda terhadap beberapa institusi pendidikan berbasis ruang lingkup pesantren, dimana pendidikan juga dilaksanakan pada malam hari. Ketersediaan lampu sebagai fungsi penunjang keberlangsungan kegiatan di dalam ruang kelas merupakan hal yang sangat penting. Kekurangpedulian terhadap sistem pencahayaan pada ruang kelas mempengaruhi kualitas pendidikan pada sekolah tersebut.

Pada penelitian ini menggunakan metode lumen untuk perhitungan matematis dan hasil perhitungan dimasukkan kedalam desain ruang objek penelitian berupa ruang belajar di MTs dan MA Pondok Pesantren Khairul Ummah pada perangkat lunak DIALux evo 8.1. hasil simulasi dari perangkat lunak DIALux evo 8.1 dapat menggambarkan skenario ruangan pada lokasi penelitian.

Raden Rohadi, dkk., telah melakukan penelitian yang tertuang dalam artikel yang berjudul “ Uji Efektifitas Pencahayaan Ruang Kuliah Menggunakan *Software* Calculux Indoor 4.12”. Penelitian tersebut yang menggunakan *software* DIALux 4.12 sebagai alat untuk mendesain tingkat pencahayaan pada ruang C410 di gedung pascasarjana UNNES. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara pengukuran langsung tingkat pencahayaan pada ruang tersebut masih dibawah standar SNI yang telah ditentukan. Mereka telah melakukan perancangan ulang sehingga mendapatkan hasil untuk ruang tersebut

agar mencapai standar pencahayaan yang telah ditentukan dibutuhkan jumlah lumener atau titik lampu sebanyak 12 lumener (Rohadi, 2017).

Ika Shinta Mardikaningsih, dkk., telah melakukan penelitian yang berjudul “*Evaluation and Designing Street Lighting With Solar Cell: A Case Study*”. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak DIALux untuk mendesain penerangan jalan alternatif yang berbasis sel surya sebagai sumber energi dan menggunakan standar SNI 7391:2008. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa penerangan yang dihasilkan oleh penerangan jalan yang sudah ada terdapat beberapa lampu yang sudah tidak sesuai dengan standar penerangan dan beberapa lampu jalan yang tidak efisien yang disebabkan oleh perbedaan jarak dan tinggi tiang lampu yang tidak sesuai dengan standar. Mereka telah melakukan desain ulang dengan mengganti sumber energi dan menentukan jarak setiap penerangan jalan (Mardikaningsih, 2016).

Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pencahayaan. Maka penelitian ini akan mendesain sistem pencahayaan pada ruang kelas berdasarkan standar yang telah ditetapkan menggunakan dua metode perhitungan yaitu metode lumen sebagai perhitungan pencahayaan secara manual dan perangkat lunak DIALux evo 8.1. Simulasi perhitungan pencahayaan menggambarkan 2 skenario ruang sebagai objek penelitian, dari 25 total ruang kelas objek penelitian yang ada pada MTs dan MA Pondok Pesantren Khairul Ummah, diambil 1 ruang kelas di MTs Pondok Pesantren Khairul Ummah dan 1 ruang kelas di MA Pondok Pesantren Khairul Ummah.

Pencahayaan

Manusia mengenali sebuah objek secara visual diperlukan suatu pencahayaan yang baik. secara umum sekolah merupakan suatu lembaga tempat untuk menuntut ilmu secara formal. Salah satu ruangan yang menjadi vital dalam proses kegiatan belajar mengajar yaitu ruang kelas. Dalam melakukan aktifitas siswa lebih banyak menghabiskan waktunya didalam ruang kelas. Tingkat pencahayaan yang tinggi, rendah ataupun silau akan menyebabkan pengaruh pada ketegangan pada syaraf mata juga mata menjadi lelah.

Besaran Pencahayaan

1. Fluks Cahaya

Fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya ialah seluruh cahaya yang dipancarkan

dalam setiap detik (Romadhon, 2009). Lumen (lm) merupakan besaran fluks cahaya. Dinyatakan dalam persamaan 1 (Satwiko, 2009).

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

keterangan:

Φ = Fluks cahaya (lumen)

Q = Energi cahaya (lm.dt)

t = Waktu (detik)

2. Intensitas Cahaya

Menurut Satwiko (2009) intensitas cahaya adalah kuat cahaya sumber cahaya dan diukur dengan candela. Dinyatakan pada persamaan 2 (Harten, 1980).

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2)$$

keterangan:

I = Intensitas cahaya (candela)

Φ = Fluks cahaya (lumen)

ω = Sudut ruangan (steradian)

3. Iluminasi

Iluminasi atau intensitas pencahayaan adalah fluks cahaya yang jatuh pada suatu bidang permukaan. Satuan intensitas pencahayaan ini adalah lumen/m² atau lux. Untuk menghitung nilai iluminasi rata-rata menggunakan persamaan 3 (Satwiko, 2009).

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{\Phi}{A} \quad (3)$$

keterangan:

E = Iluminasi (lux atau lumen/meter)

Φ = fluks cahaya (lumen)

A = luas permukaan kerja (m²)

4. Luminansi

Luminansi adalah ukuran untuk terang suatu permukaan benda. Untuk menghitung nilai luminansi digunakan persamaan 3 (Satwiko, 2009).

$$L = \frac{I}{A} \quad (3)$$

keterangan:

- L = Luminansi (candela/cm²)
- I = Intensitas cahaya (candela)
- A = Luas Permukaan Kerja (m²)

Kriteria Penerangan

Terdapat dua tempat yang akan diterangi oleh sistem pencahayaan, yaitu:

- a. Sistem pencahayaan dalam ruangan
- b. Sistem pencahayaan luar ruangan

Lampu listrik dan karakteristiknya

Pencahayaan buatan memiliki berbagai jenis dan bentuk diantaranya sebagai berikut:

1. Lampu Pijar (*incandescent*)

Merupakan jenis lampu yang dioperasikan dengan memanaskan filament yang terdapat didalamnya dalam keadaan suhu yang tinggi sehingga menghasilkan cahaya.

2. Lampu Fluoresen (*fluorescent*)

Lampu jenis ini merupakan lampu yang umum digunakan oleh publik. Lampu ini bekerja dengan menghasilkan radiasi UV pada tekanan uap merkuri yang rendah.

3. Lampu Pelepasan Intensitas Tinggi (*High Intensity Discharge / HID*)

Cahaya yang dihasilkan pada lampu HID ini merupakan hasil lecutan listrik melalui uap zat logam. Untuk menghasilkan cahaya yang optimum maka membutuhkan waktu selama 3 hingga 8 menit.

4. Lampu *Light Emitting Diode* (LED)

Lampu LED merupakan perkembangan jenis lampu terbaru saat ini. Lampu jenis ini memiliki masa umur pakai yang jauh lebih lama daripada jenis-jenis lampu terdahulu. Umur rata-rata lampu jenis ini hingga 40.000 jam.

Rekomendasi Tingkat Pencahayaan minimum

Penetapan standar pencahayaan ini dibuat agar mempermudah pihak yang terkait dalam perancangan sistem pencahayaan. Pada Tabel 1 merupakan tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan, pencahayaan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan yang ditetapkan.

Metode Perhitungan Pencahayaan

Dalam menentukan jumlah lumener atau titik lampu yang diinginkan, maka perhitungan menggunakan metode lumen dapat dilakukan. Metode lumen ini digunakan untuk menghitung

intensitas pencahayaan pada permukaan bidang kerja. Prosedur perhitungan menggunakan metode lumen sebagai berikut.

Tabel 1 Rekomendasi Tingkat Pencahayaan (SNI 6197:2011)

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)
Ruang Kelas	350
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang Praktik Komputer	500
Ruang Lab. Bahasa	300
Ruang Guru	300
Ruang Olahraga	300
Ruang Gambar	750
Kantin	200

- a) Menentukan Indeks Ruang (Harten, 1980)
Indeks ruang merupakan perbandingan anantara ukuran suatu ruang berbentuk bujur sangkar. Menggunakan persamaan 4 untuk menghitung nilai indeks ruang (Harten, 1980).

$$IR = \frac{p \times l}{h(p + l)} \quad (4)$$

keterangan:

- p = Panjang ruangan (meter)
- l = Lebar ruangan (meter)
- h = Tinggi sumber cahaya dari bidang kerja

- b) Menentukan Nilai *Utilization Factor* (UF).
Nilai faktor penggunaan atau *Utilization Factor* (UF) dapat dilihat dari tabel yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuat lampu atau buku pegangan yang relevan.
- c) Nilai *Maintenance Factor* (MF).
Nilai *Maintenance Factor* dipengaruhi oleh lingkungan sekitar ataupun faktor teknik dari lampu yang bersangkutan. Dalam artikel ini nilai faktor pemeliharaan diambil nilai 0,8.
- d) Menghitung Jumlah Lumener.

Untuk mendapatkan jumlah lumener yang dibutuhkan oleh ruangan, maka menggunakan persamaan 5 (Satwiko, 2009).

$$N = \frac{E \times A}{L \times UF \times MF} \quad (5)$$

keterangan:

- N = Banyaknya jumlah lampu (lumener)
 E = Tingkat Pencahayaan (lux)
 A = Luas area (m²)
 L = Total lumen awal perlampu
 UF = *Utilization Factor*
 MF = *Maintenance Factor*

- e) Jarak pemasangan setiap lumener
 Untuk mengetahui jarak pemasangan setiap lumener, maka dapat menggunakan persamaan 6 (JH, 2017)

$$SHR = \frac{\text{Jarak Antar Lumener}}{\text{Jarak bidang kerja dengan langit-langit}} \quad (5)$$

II. METODA PENELITIAN

Pada penulisan artikel ini dilakukan penelitian dengan menggunakan data hasil pengukuran ruangan pada lokasi penelitian, penelitian ini mengambil objek ruangan pada kelas IX-E MTs Pondok Pesantren Khairul Ummah dan kelas X IPA 3 MA Pondok Pesantren Khairul Ummah.

Sebelum melakukan pengambilan data yang diperlukan sebagai bahan pada penelitian ini, kita perlu menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan seperti ukuran ruangan dan bentuk ruangan (panjang, lebar dan tinggi), kemudian jumlah titik lampu setiap ruangan, besar daya (watt) dan fluks cahaya (lumen) yang dihasilkan setiap lampu pada ruangan, jenis lampu yang digunakan pada ruang kelas tersebut.

Kemudian proses selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu dengan melakukan pengecekan tingkat pencahayaan dengan melakukan pengukuran langsung, dalam pengukuran ini penulis menggunakan standar 16-7062-2004 tentang pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja. Jika hasil pengukuran langsung mendapat nilai dibawah standar minimal yang direkomendasikan, maka perlu dilakukan perhitungan ulang dengan memperbarui jenis

lampu, besar daya (watt) dan fluks cahaya (lumen) yang dihasilkan oleh lampu yang digunakan untuk memperbaiki kualitas pencahayaan tersebut.

Perhitungan untuk mendapatkan jumlah lumener yang dibutuhkan agar mencapai minimal standar yang ditetapkan menggunakan metode lumen, dimana data-data yang telah didapat sebelumnya dimasukkan kedalam persamaan indeks ruang, menentukan nilai dari pemantulan permukaan (langit-langit (ρ_c), dinding (ρ_w) dan lantai (ρ_f)), nilai *Utilization Factor* (UF) dan nilai *Maintenance Factor* (MF). Proses selanjutnya yaitu dengan memasukkan nilai dari persamaan yang dihitung dan nilai yang ditentukan kedalam persamaan akhir untuk mendapatkan jumlah lumener yang dibutuhkan. Setelah melalui proses perhitungan matematis menggunakan metode lumen, proses selanjutnya yaitu mendesain ruangan menggunakan perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini. Jika hasil simulasi pada perangkat lunak tidak mencapai minimal standar yang direkomendasikan maka perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap desain yang dibuat.

Setelah proses pengukuran langsung, perhitungan ulang dan desain ruangan pada perangkat lunak didapatkan, maka tahap selanjutnya yaitu dengan menganalisis hasil yang diperoleh dari prosedur-prosedur yang telah dilaksanakan. Dalam memperbaiki kualitas sistem pencahayaan tentu nilai biaya investasi menjadi hal yang perlu dicantumkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub-bab ini menjelaskan hasil pengukuran langsung tingkat pencahayaan, kemudian menghitung dan mendesain ruangan,

Hasil Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung dilakukan pada kondisi matahari terbenam pada ruang kelas IX-E MTs PP Khairul Ummah dan ruang kelas X IPA 3 MA PP Khairul Ummah. Tabel 2 merupakan hasil pengukuran langsung tingkat pencahayaan pada kedua ruang tersebut.

Berdasarkan hasil pengukuran langsung, tingkat pencahayaan pada kedua ruang tersebut belum mencapai minimal standar yang direkomendasikan, dimana tingkat pencahayaan minimal untuk lembaga pendidikan terkhusus pada ruang kelas sebesar 350 lux. Setelah diketahui bahwa kedua ruangan tersebut belum mencapai standar maka dilakukan perbaikan dengan melakukan perhitungan ulang.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Langsung Tingkat Pencahayaan ruangan

Titik	Ruang Kelas	
	IX-E MTs PP KU	X IPA 3 MA PP KU
1	1,9	1,7
2	6,7	8,6
3	8,6	17,6
4	3,2	10,6
5	11,1	4,2
6	16,4	11,6
7	15,8	25,8
8	7,7	12,8
9	14,2	3,6
10	22	11,8
11	19,8	28
12	11	14,8
13	5,5	3,1
14	10,6	7,9
15	10,5	15,9
16	7,6	8,5
<i>Average</i>	10,79	11,66

Hasil Perhitungan Matematis Menggunakan Metode Lumen

Pada perhitungan ini, ruang kelas yang digunakan untuk mewakili MTs PP Khairul Ummah yaitu kelas IX-E dan untuk mewakili MA PP Khairul Ummah yakni kelas X IPA 3.

Untuk Kelas IX-E MTs PP Khairul Ummah

$$N = \frac{E \times A}{L \times UF \times MF}$$

$$N = \frac{350 \times 60,86}{3000 \times 0,6599 \times 0,8} = 13,61 \text{ lumener}$$

Untuk ruang kelas IX-E dibutuhkan titik lumener sebanyak 13,61 atau digenapkan menjadi 15 titik lumener.

Untuk Kelas X IPA 3 MA PP Khairul Ummah

$$N = \frac{E \times A}{L \times UF \times MF}$$

$$N = \frac{350 \times 53,24}{3000 \times 0,6924 \times 0,8} = 11,21 \text{ lumener}$$

Untuk ruang kelas IX-E dibutuhkan titik lumener sebanyak 11,21 atau digenapkan menjadi 12 titik lumener.

Setelah jumlah lampu yang dibutuhkan pada ruang kelas telah didapatkan maka, langkah selanjutnya yaitu memasukkan jumlah lumener untuk ruang kelas pada perangkat lunak DIALux evo 8.1.

Hasil Simulasi Perangkat Lunak DIALux evo 8.1

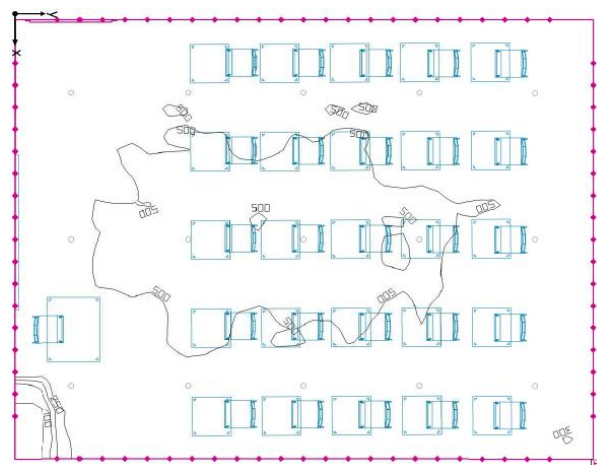
Kelas IX-E MTs PP Khairul Ummah

Ruang kelas IX-E memiliki ukuran ruangan dengan panjang 8,95 meter, lebar 6,8 meter dan tinggi ruang 3,4 meter. Pada Gambar 1 merupakan foto ruang saat ini dan hasil desain pada DIALux



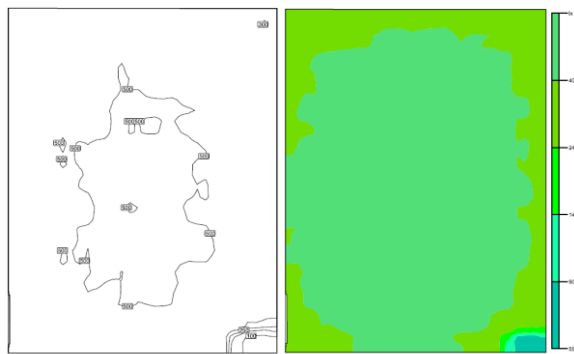
(a) (b)

Gambar 1 Ruang Kelas IX-E MTs PP KU (a) Kondisi eksisting. (b) desain pada DIALux



Gambar 2 Hasil Simulasi ruang kelas IX-E

Pada Gambar 2 penyebaran cahaya cukup merata, telah didapat tingkat pencahayaan rata-rata ($E_{average}$) sebesar 446 lux dari 15 titik lumener yang dipasang pada ruang kelas tersebut. Pada Gambar 3 adalah kontur penyebaran cahaya pada ruang kelas IX-E hasil keluaran dari perangkat lunak DIALux evo 8.1.



(a) (b)
Gambar 3 Kontur Penyebaran Cahaya
 (a) Berdasarkan garis dan (b) Perbedaan warna

Kelas X IPA 3 MA PP Khairul Ummah

Ruang kelas X IPA 3 memiliki ukuran ruangan dengan panjang 7,83 meter, lebar 6,8 meter dan tinggi ruang 2,92 meter. Pada Gambar 4 merupakan foto ruang saat ini dan hasil desain pada DIALux



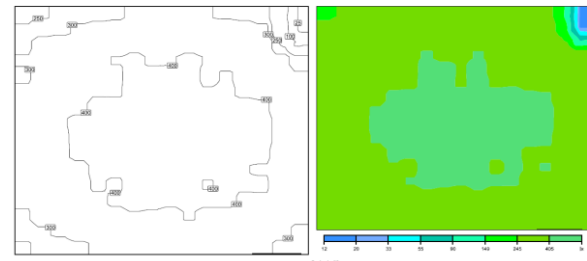
(a) (b)
Gambar 4 Ruang Kelas X IPA 3 MA PP KU
 (a) Kondisi eksisting. (b) Desain pada DIALux

Hasil simulasi di tunjukkan pada Gambar 5 yang merupakan hasil perhitungan pada perangkat lunak DIALux. Pada Gambar 4 penyebaran cahaya cukup merata, dimana untuk nilai pencahayaan rata-rata ($E_{average}$) didapatkan nilai sebesar 362 lux. Tentu dengan hasil tersebut telah mencapai nilai minimal pencahayaan yang direkomendasikan oleh SNI 6197:2011.



Gambar 5 Hasil Simulasi Ruang Kelas X IPA 3

Pada Gambar 6 merupakan kontur penyebaran cahaya pada ruang kelas X IPA 3 berdasarkan garis dan perbedaan warna. Pada Gambar 6(b) penyebaran cahaya diwakili oleh warna, dimana warna yang berada di tengah menandakan nilai tingkat pencahayaan yang tinggi, sedangkan pada sisi samping nilai tingkat pencahayaan lebih rendah.



(a) (b)
Gambar 6 Kontur Penyebaran Cahaya
 (a) Berdasarkan garis dan (b) perbedaan warna

Analisis Perbandingan Metode Perhitungan

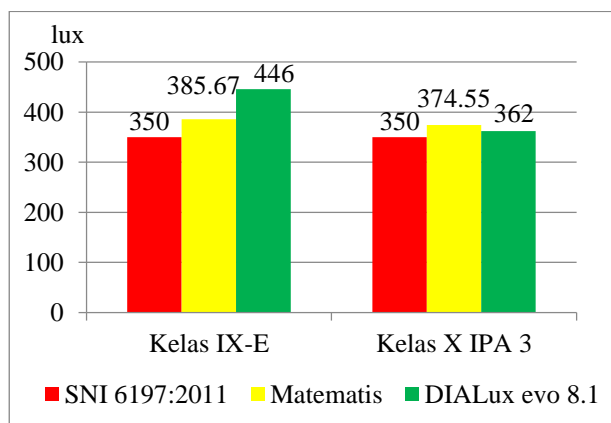
Pada sub-bab ini menjelaskan perbandingan nilai perhitungan tingkat pencahayaan yang didapat terhadap standar dan persen selisih kedua perhitungan. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3 untuk kedua ruang tersebut yakni kelas IX-D MTs PP. Khairul Ummah dan kelas X IPA 3 MA PP Khairul Ummah telah melebihi dari minimal tingkat pencahayaan yang direkomendasikan oleh SNI 6197:2011.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Metode Perhitungan

Ruang Kelas	Rekomendasi	Hasil Perhitungan	
		Matematis	DIALux
IX-E	350 lux	385,67	446
X IPA 3	350 lux	374,55	362

Pada Tabel 4 terlihat selisih perhitungan antara perhitungan manual dan perhitungan pada DIALux evo 8.1, dimana untuk ruang kelas IX-E hasil perhitungan matematis mendapatkan hasil 385,67 lux sedangkan pada hasil keluaran perangkat lunak DIALux evo 8.1 mendapatkan hasil 446 lux. Selisih kedua perhitungan tersebut sebesar 15,6%. Sedangkan pada ruang kelas X IPA 3 hasil perhitungan matematis mendapatkan hasil 374,55 lux dan pada hasil keluaran perangkat lunak DIALux evo 8.1 sebesar 362 lux sehingga selisih kedua perhitungan sebesar 3,4%.

Gambar 7 merupakan grafik perbandingan hasil perhitungan terhadap standar yang digunakan untuk ruang kelas IX-E MTs PP. Khairul Ummah dan X IPA 3 MA PP. Khairul Ummah.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan terhadap SNI 6197:2011

Rancangan Biaya Investasi

Nilai investasi yang harus dikeluarkan tentu menjadi hal yang penting dalam melakukan perbaikan terhadap ruang-ruang tersebut.

i. Biaya Investasi untuk Kelas IX-E MTs PP Khairul Ummah

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jumlah lampu dibutuhkan} \times \text{harga lampu} \\ &= 15 \times \text{Rp. } 100.000,- \end{aligned}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp. } 1.500.000,-$$

ii. Biaya Investasi untuk kelas X IPA 3 MA PP Khairul Ummah

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jumlah lampu dibutuhkan} \times \text{harga lampu} \\ &= 12 \times \text{Rp. } 100.000,- \end{aligned}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp. } 1.200.000,-$$

Tabel 4 Akumulasi Biaya Investasi

Ruang Kelas	Jumlah Lampu	Biaya Investasi
IX-E	15	Rp. 1.500.000,-
X IPA 3	12	Rp. 1.200.000,-
TOTAL	27	Rp. 2.700.000,-

Pada Tabel 4 yang merupakan akumulasi biaya investasi pengadaan barang berupa lampu. Berdasarkan tabel tersebut jumlah lampu yang

dibutuhkan untuk kedua ruang tersebut sebanyak 27 lampu dengan merek Philips LED bulb 27 watt, sehingga total biaya investasi yang dibutuhkan untuk memperbaiki kondisi sistem pencahayaan saat ini senilai Rp. 2.700.000,-.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kualitas pencahayaan yang telah dilakukan pada MTs dan MA PP Khairul Ummah dapat diambil kesimpulan bahwa sistem pencahayaan pada kelas IX-E dan X IPA 3 belum mencapai standar yang ditetapkan, dimana nilai hasil pengukuran langsung tingkat pencahayaan rata-rata ($E_{\text{rata-rata}}$) untuk ruang kelas IX-E sebesar 10,79 lux dan ruang kelas X IPA 3 sebesar 11,66 lux. Untuk memperbaiki kondisi pencahayaan yang belum mencapai minimal standar yang direkomendasikan maka dibutuhkan 15 titik lumener untuk kelas IX-E dan 12 titik lumener untuk kelas X IPA 3. Dari hasil perbaikan dengan menambahkan jumlah titik lumener untuk setiap kelas, hasil perhitungan matematis menggunakan metode lumen memberikan hasil nilai pencahayaan rata-rata untuk kelas IX-E sebesar 385,67 lux dan untuk kelas X IPA 3 sebesar 374,55 lux. Sedangkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak DIALux evo 8.1 didapat hasil untuk kelas IX-E sebesar 446 lux dan kelas X IPA 3 sebesar 362 lux. Persentase selisih hasil perhitungan untuk kelas IX-E sebesar 15,6% dan kelas X IPA 3 sebesar 3,4%. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk kedua ruang tersebut senilai Rp. 2.700.000,00 untuk menyediakan 27 lampu merek Philips LED bulb watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 6197:2011 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan*.
- Haten, P.V., dan E. Setiawan. 1980. *Instalasi Listrik Arus Kuat jilid 2*. Bandung: Binacipta.
- JH, I.H dan B. Anto. 2017. Evaluasi Kualitas Pencahayaan Pada Ruang Perkuliahaan Gedung C Fakultas Teknik Universitas Riau. *Jom TEKNIK Vol.4 No. 2*, pp.1-5.
- Mardikaningsih, I.S., R. Zakaria, W. Sutopo, M. Nizam, and E.A. Kadir. 2016. Evaluation and Designing Street Lighting With Solar Cell: A Case Study. *IEEE Journal*, pp.186-191.

- Rohadi, R., Sujarwata & Ian, Y., 2017. Uji Efektifitas Pencahayaan Ruang Kuliah Menggunakan Software Calculux Indoor 4.12. *Unnes Physic Journal*, pp.50-53.
- Romadhon, I.S. 2009. *Evaluasi Kualitas Penerangan dan Penentuan Letak Lampu serta Jenis Lampu Pada Ruang Perkuliahaan E2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Satwiko, P. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.