

Optimasi Penerangan Ruang Perkuliahan dengan Lampu LED Berdasarkan Analisis Arus Cahaya

by Muhammad Arkhan Pradanugraha

Submission date: 17-Aug-2020 10:42PM (UTC+0700)

Submission ID: 1370660836

File name: Transmisi_-_FHR-01.docx (1.87M)

Word count: 4783

Character count: 28172

Optimasi Penerangan Ruang Perkuliahan dengan Lampu LED Berdasarkan Analisis Arus Cahaya

Muhammad Arkhan Pradanugraha¹, Amien Rahardjo^{2,a},
Dwi Riana Aryani^{3,b}, Faiz Husnayain^{4,c,*}

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia
^{a,b,c}*Electric Power and Energy Studies (EPES), Universitas Indonesia, Indonesia*

*Email: faiz.h@ui.ac.id

Abstrak

Gedung K FTUI digunakan untuk kegiatan perkuliahan dan memiliki beberapa ruang kuliah dengan tingkat pencahayaan ruang di bawah standar yang berlaku. Pada penelitian ini akan dilakukan penggantian lampu yang digunakan pada ruang kuliah guna meningkatkan tingkat pencahayaan dan melakukan penghematan energi. Standar pencahayaan yang digunakan adalah 250 lux untuk ruang kuliah. Skenario peningkatan pencahayaan dilakukan dengan penggantian jenis lampu yang dipakai dan titik lampu yang terpasang. Jenis lampu yang digunakan adalah lampu light emitting diode (LED). Ruang kuliah pada gedung ini dibagi menjadi empat tipe ruang berdasarkan luas ruang. Analisis arus cahaya menunjukkan penggunaan lampu dengan arus cahaya sebesar 2500 lumen efektif dalam peningkatan tingkat pencahayaan ruang. Hasil analisis konsumsi energi pada gedung ini sebelum dilakukan penggantian adalah 2.240 kWh dan setelah dilakukan penggantian adalah 1.339,2 kWh.

Kata kunci: arus cahaya, tingkat pencahayaan, konsumsi energi, LED, ruang perkuliahan

Abstract

K-Building FTUI is used for lecture activities and has several classrooms with lighting levels below standards. In this research, there will be lamps replacement used in the classrooms to increase the level of lighting and to save energy. The lighting standard used is equal to 250 lux for classrooms. The scenario of increasing lighting is done by replacing the type of lamp used and the installed light point. The type of lamp used is a light emitting diode (LED) lamp. Classrooms in this building are divided into four types based on the area of space. Light current analysis shows the use of lamps with a light current of 2500 lumens is effective in increasing the level of room lighting. The result of energy consumption analysis in this building before the replacement was 2,240 kWh and after the replacement was 1,339.2 kWh.

Keywords: luminous flux, illumination, energy consumption, LED, classroom

1. Pendahuluan

Banyak institusi dalam sektor pendidikan memiliki gedung yang sudah cukup lama atau berumur tua. Salah satu permasalahan pada gedung yang sudah tua adalah pencahayaan pada ruang. Gedung-gedung tersebut memerlukan pembaruan terutama dalam penerangan agar dapat meningkatkan kualitas pencahayaan yang lebih baik dan menghemat penggunaan energi. Rata-rata penggunaan lampu pada gedung yang sudah tua masih menggunakan lampu yang boros energi. Dalam bangunan pendidikan perlu adanya pencahayaan yang baik. Hal ini dikarenakan pencahayaan adalah salah satu faktor dari efektifitas sebuah pembelajaran dalam ruangan tersebut.

Ruang pendidikan yang dimaksud pada kasus ini adalah ruang kuliah. Pencahayaan pada ruang kuliah dapat mempengaruhi psikologis dan emosional dari mahasiswa. Pencahayaan yang baik dapat membuat mahasiswa lebih aktif dan dapat menstimulus pembelajaran [1]. Selain itu pada studi lain mengatakan apabila pencahayaan suatu ruang terlalu rendah atau tinggi maka akan menyebabkan kelelahan pada mata. Pada kasus ini dapat dikatakan untuk pencahayaan ruang tertinggi adalah 750 lux [2]. Pada umumnya gedung perkuliahan yang sudah lama dibangun masih menggunakan pencahayaan fluoresen sebagai sumber penerangan. Saat ini penggantian sumber penerangan konvensional umumnya menggunakan lampu berjenis *light emitting diode* (LED) baik untuk penerangan dalam ruangan maupun luar ruangan. Salah

satu kelebihan lampu berjenis LED adalah hemat energi. Oleh karena itu beberapa wilayah memiliki regulasi untuk melakukan efisiensi energi terutama pada gedung-gedung publik, salah satunya pada sektor pendidikan [3].

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh sebuah sumber yang memiliki panjang gelombang tertentu. Mata manusia normal dapat melihat cahaya dengan panjang gelombang elektromagnetik antara 380 nm dan 780 nm. Kualitas dari pencahayaan yang baik akan mempengaruhi dan mendukung kegiatan manusia terutama dalam beraktivitas. Oleh karena itu, pengaturan intensitas cahaya pada suatu ruangan juga harus disesuaikan dengan peruntukan agar mata tidak cepat lelah atau kemungkinan terburuk dapat menimbulkan kerusakan pada mata [4]. Cahaya yang dipancarkan pada LED merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari beberapa spektrum warna yang dapat ditangkap oleh mata. Cahaya berasal dari pergerakan elektron pada atom sehingga terbentuk sebuah foton. Lampu LED merupakan kumpulan dari dioda dengan pancaran cahaya dan disusun menjadi sebuah lampu. LED ini adalah suatu bahan semikonduktor yang akan memancarkan cahaya monokromatik dengan prinsip kerja pemberian tegangan maju (*forward bias*) [5]. LED merupakan kumpulan dioda yang digunakan untuk menghasilkan foton dalam jumlah yang banyak, sehingga dengan jumlah foton tersebut dapat menghasilkan cahaya yang dapat ditangkap oleh mata. Sebuah kepingan semikonduktor yang berada di pusat bola lampu merupakan bagian terpenting dari LED yang memancarkan cahaya. Kepingan ini terdiri dari dua bagian dimana masing-masing bagian dipisahkan oleh junction. Prinsip dari bagian dalam LED adalah menggunakan *p-n junction*. Bagian p memiliki muatan positif yang lebih besar dan untuk bagian n memiliki muatan negatif yang lebih banyak. Pada saat kepingan semikonduktor, dicatu dengan sumber tegangan yang akan saling terhubung. Dalam kondisi *close loop* tersebut, maka akan menipiskan *depletion layer* yang memisahkan antara bagian p dan n. Penipisan *depletion layer* ini akan memengaruhi aliran elektron dari bagian n menuju bagian p yang melewati junction pada semikonduktor tersebut. Peristiwa ini disebut dengan *forward bias* [6].

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan terhadap LED dan aplikasi dari LED cukup berkembang. Hal ini dikarenakan LED memiliki degradasi pemakaiannya lebih lama dibandingkan dengan sumber penerangan lain. Namun, umur dari lampu LED dipengaruhi dari suhu lingkungan sekitar. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pengemasan dengan manajemen panas yang baik agar hasil cahaya yang dikeluarkan lampu tetap maksimal dan memperpanjang umur lampu. Panas yang terdapat p-n junction merupakan faktor yang mempengaruhi umur dari LED. Sehingga beberapa industri pencahayaan membuat lampu LED yang tahan lama dan andal [7, 8]. Pencahayaan secara konvensional

yang menggunakan lampu dengan daya yang sangat besar masih digunakan pada beberapa ruangan sebagai dekorasi, seperti penggunaan lampu fluoresen dan halogen. Selain menggunakan daya yang cukup besar, sumber penerangan konvensional masih sulit untuk dikendalikan tingkat pencahayaan yang dikeluarkan. Penggunaan LED dinilai ramah lingkungan karena tidak memiliki efek merkuri yang berbahaya pada lingkungan seperti pada lampu fluoresen. Selain itu, dengan menggunakan lampu LED juga dapat menciptakan suasana yang beragam dan dapat digunakan dalam aktivitas apapun. Penggunaan dari lampu LED dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan dari daya listrik yang digunakan lampu lainnya. Sehingga dapat dikatakan LED merupakan sumber penerangan yang ekonomis dan ramah lingkungan [9].

Pencahayaan dengan konsumsi daya listrik tertinggi biasanya digunakan pada bangunan publik maupun bangunan komersil. Sebagai contoh pada pusat perbelanjaan, masih banyak toko yang menggunakan sumber penerangan fluoresen. Padahal apabila ditinjau lebih lanjut, lampu fluoresen memiliki efisiensi cahaya yang rendah namun menggunakan daya yang cukup besar. Oleh karena itu, banyak pertokoan saat ini menggunakan lampu LED. Alasannya adalah konsumsi daya yang cukup rendah, umur pakai yang cukup lama, dan menghasilkan panas pada ruang sekitar rendah. Dengan keunggulan yang dimiliki lampu LED tersebut maka pertokoan tersebut dapat meminimalkan biaya perawatan terhadap lampu. Oleh karena itu dengan adanya studi ini maka jumlah konsumsi energi yang digunakan oleh lampu dapat berkurang [10]. Optimasi penerangan juga dilakukan agar meningkatkan kinerja pencahayaan dan kenyamanan pekerjaan pada ruang tersebut. Optimasi pada penerangan dapat dilakukan dengan cara menentukan parameter-parameter desain yang digunakan pada ruangan tersebut. Pada dasarnya metode ini sudah banyak digunakan pada bangunan yang bersifat komersil seperti pertokoan ataupun perkantoran. Akan tetapi, untuk gedung seperti tempat olahraga atau pendidikan masih belum banyak diaplikasikan [11]. Apabila ada gedung olahraga yang sudah menggunakan lampu LED pun memiliki tingkat pencahayaan yang sangat tinggi. Sehingga, hal ini dapat berdampak bagi pengguna gedung mengalami silau dan tidak nyaman [12]. Oleh karena itu, optimasi pencahayaan pada studi ini akan mengoptimalkan kinerja dari pencahayaan dan kenyamanan visual maupun aktivitas pada ruang. Sehingga konsumsi energi yang digunakan gedung dapat diminimalkan dan memberikan kenyamanan bagi pengguna gedung.

Artikel ini dibagi menjadi empat bagian. Bagian pertama menjelaskan mengenai teknologi LED saat ini, seperti penggunaan LED terhadap lampu fluoresen khususnya pada gedung perkuliahan. Pada bagian kedua akan menjelaskan mengenai tipe-tipe ruang yang diukur dan disimulasikan pencahayaannya. Selain itu pada bagian

kedua ini juga dijelaskan mengenai skenario penggantian lampu pada ruang kuliah. Pada bagian ketiga dijelaskan mengenai hasil dari simulasi pencahayaan dengan alat bantu perangkat lunak Dialux berupa peta persebaran cahaya. Selain itu pada bagian ini juga dijelaskan mengenai analisis arus cahaya dengan metode perhitungan lumen dan analisis konsumsi energi yang dibutuhkan oleh lampu. Pada bagian empat merupakan kesimpulan dari studi yang diteliti ini.

2. Metode

2.1. Parameter Performa LED

Rata-rata energi cahaya yang dipancarkan oleh sebuah sumber penerangan disebut juga dengan arus cahaya (Φ). Definisi dari arus cahaya adalah jumlah cahaya yang dipancarkan oleh sumber penerangan dalam satuan detik. Satuan dari arus cahaya adalah lumen [lm]. Terang atau redup suatu lampu dipengaruhi dari arus cahaya lampu tersebut. Semakin tinggi lumen dari lampu, maka akan semakin terang cahaya lampu yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan, yaitu:

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

$$\Phi = W \times \Phi_{\text{spesifik}} \quad (2)$$

Dimana

Φ = arus cahaya [lm]

Q = energi cahaya [lm.dt]

t = waktu [dt]

Φ_{spesifik} = arus cahaya secara spesifik [lm/W]

Pada dasarnya, intensitas cahaya dengan besaran 1 candela akan setara dengan arus cahaya sebesar 1 lumen dalam satuan ukuran 1 steradian[13]. Pada studi ini juga dilakukan penentuan arus cahaya minimum yang digunakan oleh lampu pada ruang kuliah menggunakan metode pendekatan perhitungan lumen, yaitu [14]:

$$\Phi = \frac{E \times A}{\eta \times N} \quad (3)$$

Dimana

Φ = arus cahaya [lm]

E = kuat pencahayaan [lux]

A = luas ruangan [m^2]

η = koefisien pencahayaan

N = jumlah lampu yang digunakan

Komponen yang perlu diperhatikan dalam pencahayaan ruang kuliah adalah jenis pencahayaan lampu yang digunakan. Jenis pencahayaan ini akan menentukan koefisien pencahayaan yang digunakan dalam metode perhitungan lumen. Rendemen atau koefisien antara lain [14]:

- Sistem penerangan langsung dengan koefisien 50%.
- Sistem penerangan setengah langsung dengan koefisien 40%.
- Sistem penerangan tidak langsung dengan koefisien 30%.

Konsumsi energi listrik saat ini sangat diperhatikan khususnya dalam pencahayaan ruang. Saat ini, manusia tidak terlalu mementingkan efikasi dari sebuah lampu, melainkan kenyamanan yang digunakan dari lampu tersebut karena dapat mempengaruhi psikologis manusia [15]. Energi listrik adalah sebuah energi yang pada peralatan listrik dalam bentuk arus dan tegangan listrik yang digunakan untuk menggerakkan peralatan mekanik yang bersumber energi listrik dalam bentuk konsumsi daya listrik. Energi listrik juga dapat diartikan sebagai suatu aliran muatan listrik berupa elektron yang mengalir melalui sebuah bahan penghantar yang disebut konduktor. Satuan dasar dari energi listrik ini adalah *joule* [J] atau *watthour* [Wh]. Energi listrik ini merupakan laju penggunaan dari daya dalam beberapa waktu tertentu pada saat alat itu digunakan. Rumus dari energi listrik yaitu [16]:

$$E = P \times t \quad (4)$$

Dimana

E = energi listrik [Wh]

P = daya yang digunakan [Watt]

t = waktu pemakaian [hour]

2.2. Tipe Ruang Kuliah Gedung Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Jumlah ruang kuliah pada gedung K fakultas teknik Universitas Indonesia sebanyak 19 ruang. Pada studi ini dibagi menjadi empat tipe ruang berdasarkan masing-masing luas ruang. Tipe-tipe ruang kuliah itu antara lain:

- Ruang kuliah tipe A dengan luas ruang sebesar 59,45 m^2 . Ruang kuliah tersebut antara lain K 101, K 104, K 105, K 108, K 201, K 203, dan K 208.
- Ruang kuliah tipe B dengan luas ruang sebesar 55,1 m^2 . Ruang kuliah tersebut adalah K 205.
- Ruang kuliah tipe C dengan luas ruang sebesar 103,5 m^2 . Ruang kuliah tersebut antara lain K 209, K 210, dan K 211.
- Ruang kuliah tipe D dengan luas ruang sebesar 121,7 m^2 . Ruang kuliah tersebut antara lain K 102, K 103, K 106, K 107, K 202, K 204, K 206, dan K 207.

2.3. Skenario Penggantian

Skenario penggantian lampu pada ruang kuliah ini adalah menggunakan simulasi pada alat bantu perangkat lunak Dialux. Penggantian lampu pada ruang ini berdasarkan perhitungan pada metode perhitungan lumen. Pada perhitungan lumen ini akan diketahui arus cahaya minimum yang dapat digunakan pada ruang tersebut. Tujuan dilakukan skenario penggantian lampu ini adalah mengganti lampu TL fluoresen dengan TL LED agar dapat menghemat energi dan membuat tingkat pencahayaan pada ruang perkuliahan sesuai dengan standar yang berlaku. Skenario ini dilakukan dengan membandingkan antara kondisi eksisting dengan kondisi setelah penggantian. Situasi ini dilakukan untuk mengganti sumber penerangan kondisi eksisting yang sudah perlu diganti dengan fasilitas yang baru. Dalam ilmu ekonomi teknik, analisis penggantian ini dapat meningkatkan efisiensi dan persaingan perusahaan dalam bidang pencahayaan [17]. Selain itu, skenario penggantian memperhatikan pula faktor pencahayaan alami yaitu sinar matahari. Oleh karena itu pada setiap skenario penggantian dilakukan pada pagi hari pada pukul 08.00, pada siang hari pada pukul 13.00, dan malam hari pada pukul 18.00. Berikut ini merupakan skenario penggantian tersebut.

2.3.1. Skenario 1 (Penggantian Jenis Lampu Tanpa Perubahan Titik Lampu)

Skenario satu akan dilakukan apabila memenuhi dua syarat, yaitu tingkat pencahayaan ruang perkuliahan tersebut telah memenuhi standar penerangan yang berlaku dan pada ruang tersebut masih menggunakan lampu TL fluoresen. Tujuan dari pengadaan skenario adalah melakukan penghematan daya yang digunakan oleh lampu. Penggantian ini dilakukan dengan mengganti lampu TL fluoresen yang dipakai saat ini dengan lampu TL LED. Hal ini dikarenakan pada teorinya, penggunaan dari lampu fluoresen menggunakan daya yang cukup besar dan memiliki gangguan harmonik yang cukup tinggi [18]. Penggantian ini tidak disertai dengan perubahan titik lampu yang telah terpasang. Pemilihan lampu pengganti disesuaikan dengan nilai arus cahaya lampu yang saat ini terpasang pada ruang perkuliahan. Lampu TL fluoresen yang saat ini dipakai adalah lampu X TL-D 36W/54-765 1SL/25 dengan arus lampu sebesar 2.500 lumen. Lampu TL LED pengganti yang akan digunakan pada simulasi adalah lampu X LED MASTER LEDtube 1200mm UO 15,5W 865 T8 dengan nilai arus cahaya sebesar 2.500 lumen. Pada skenario penggantian ini menggunakan simulasi pencahayaan alami. Simulasi pencahayaan alami ini dilakukan pada tiga waktu, yaitu pagi hari pukul 08.00, siang hari pada pukul 13.00, dan malam hari pada pukul 18.00. Pada pagi hari dan siang hari dilakukan simulasi dengan tidak menggunakan lampu yang ada di dalam

ruangan. Sedangkan pada malam hari, lampu yang ada di dalam ruangan baru akan dinyalakan.

2.3.1. Skenario 1 (Penggantian Jenis Lampu Tanpa Perubahan Titik Lampu)

Skenario dua dilakukan apabila kondisi ruang perkuliahan tersebut memiliki rata-rata tingkat pencahayaan ruang yang kurang dari standar pencahayaan. Standar pencahayaan pada penelitian ini adalah sebesar 250 lux. Hal yang dilakukan dalam skenario ini adalah melakukan penggantian lampu yang digunakan dan perubahan titik lampu yang dipasang pada ruang kuliah tersebut. Titik lampu yang terpasang pada ruang diatur secara seimbang agar persebaran cahaya dapat merata. Penentuan jumlah lampu yang dipakai dalam skenario ini menggunakan metode perhitungan lumen. Metode perhitungan lumen dapat menentukan jumlah lampu yang digunakan dengan nilai arus cahaya tertentu. Selain itu, pada metode ini juga dapat menentukan nilai arus cahaya pada lampu sesuai dengan jumlah lampu yang terpasang pada ruangan tersebut. Lampu yang akan digunakan sebagai pengganti lampu sebelumnya adalah lampu TL LED X MASTER LEDtube 1200mm UO 15,5W 865 T8 dengan arus cahaya sebesar 2500 lumen. Hasil dari skenario ini adalah ruang perkuliahan yang memiliki pencahayaan sesuai dengan standar dan daya yang digunakan hemat. Pada skenario ini juga dilakukan simulasi dengan penggunaan pencahayaan alami yaitu menggunakan cahaya matahari. Pada studi ini, pencahayaan menggunakan cahaya matahari akan di simulasikan pada pagi hari pukul 08.00 waktu simulasi dan siang hari pada pukul 13.00 waktu simulasi pada alat bantu perangkat lunak Dialux. Penggunaan dari lampu pada ruang kuliah akan dilakukan pada malam hari.

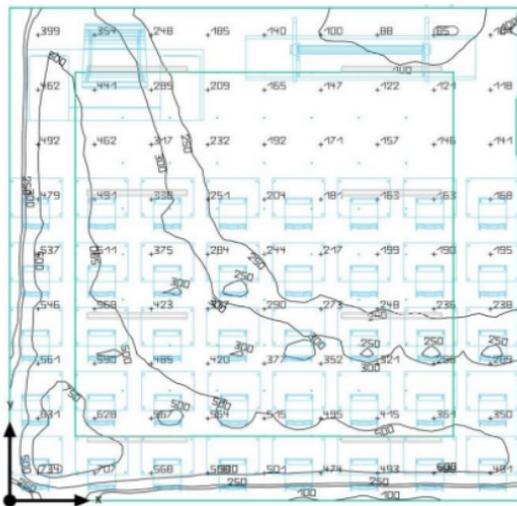
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Peta Persebaran Cahaya

Pada studi ini dilakukan pengukuran dan simulasi tingkat pencahayaan pada keempat tipe ruang kuliah pada gedung Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skenario pertama diperuntukkan bagi ruang perkuliahan yang sudah sesuai dengan standar pencahayaan yang berlaku. Sedangkan skenario kedua diperuntukkan untuk ruang perkuliahan yang masih kurang dari standar pencahayaan yang berlaku. Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada studi ini, terdapat sembilan ruang kuliah yang memiliki pencahayaan kurang dari standar pencahayaan. Peta persebaran cahaya pada ruang K 101 akan menjadi salah satu contoh hasil skenario penggantian satu, sedangkan peta persebaran cahaya pada ruang K 205 merupakan salah satu contoh hasil simulasi dari skenario penggantian dua.

3.3.1. Skenario Penggantian 1

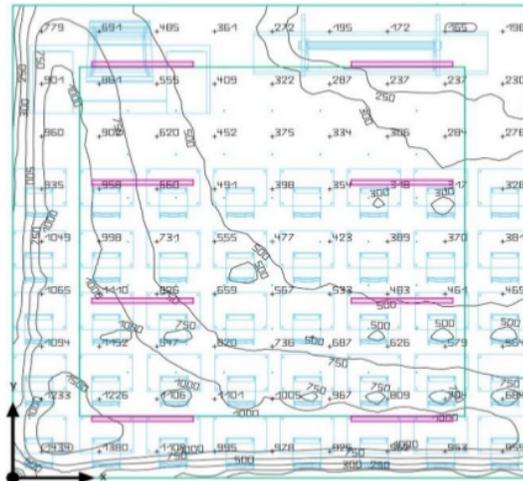
Pada skenario penggantian 1 dilakukan penggantian lampu tanpa mengubah titik lampu yang telah terpasang. Berdasarkan pengukuran yang sudah dilakukan pada studi ini, terdapat sebelas ruang kuliah yang telah memenuhi standar pencahayaan yang berlaku. Tipe ruang kuliah yang menggunakan skenario penggantian ini adalah ruang kuliah dengan tipe A, C, dan D. Pada studi ini, akan ditunjukkan salah satu hasil simulasi yang dilakukan pada ruang K 101 dimana ruang kuliah ini adalah ruang kuliah dengan tipe A. Lampu yang digunakan pada ruang kuliah ini adalah lampu TL fluoresen dengan merek X TL-D 36W/54-765 1SL/25. Sedangkan lampu pengganti yang digunakan adalah lampu TL LED dengan merek X MASTER LEDtube 1200mm UO 15,5W 865 T8. Kedua jenis lampu memiliki arus cahaya yang sama yaitu sebesar 2500 lumen. Hal yang membedakan dari kedua jenis lampu ini adalah konsumsi daya lampu. Konsumsi daya lampu eksisting sebesar 36W sedangkan untuk lampu pengganti sebesar 15,5 W. Hal ini sesuai dengan tujuan skenario penggantian ini yaitu melakukan penghematan energi. Pada bagian ini akan digambarkan hasil simulasi pencahayaan alami maupun hasil pencahayaan lampu pada pagi hari, siang hari dan malam hari. Contoh simulasi akan dilakukan pada ruang kuliah tipe A (K 101).



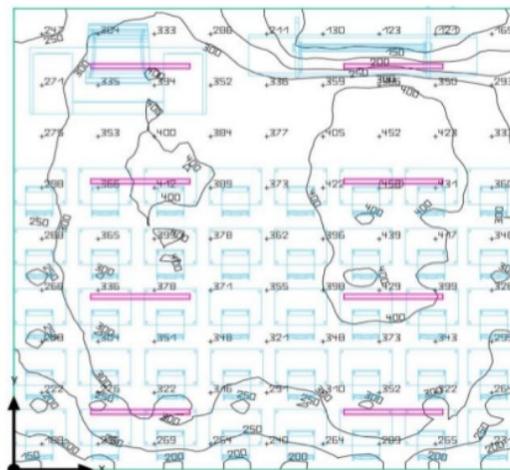
Gambar 1. Peta Persebaran Cahaya K 101 pada Pagi Hari (08.00)

Pada gambar 1 dan 2 digambarkan bahwa tingkat pencahayaan tertinggi ada pada bagian belakang dan bagian kiri baris pada ruang kuliah. Hal ini dikarenakan pada bagian tersebut berdekatan dengan posisi jendela sebagai jalur masuk cahaya matahari ke dalam ruang. Sumber pencahayaan pada gambar 1 dan 2 menggunakan

pencahayaan alami yaitu cahaya matahari. Sedangkan pada gambar 3 adalah peta persebaran cahaya yang menggunakan lampu sebagai sumber pencahayaan ruang. Garis hitam pada peta merupakan area distribusi cahaya yang didasarkan pada jarak lampu dengan bidang kerja pada ruang. Pencahayaan pada ruang ini mencapai diatas 250 lux atau sudah sesuai dengan standar pencahayaan yang berlaku.



Gambar 2. Peta Persebaran Cahaya K 101 pada Siang Hari (13.00)

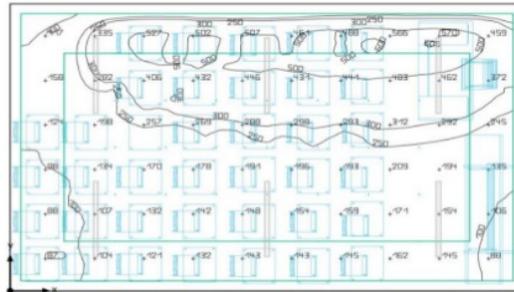


Gambar 3. Peta Persebaran Cahaya K 101 pada Malam Hari (18.00)

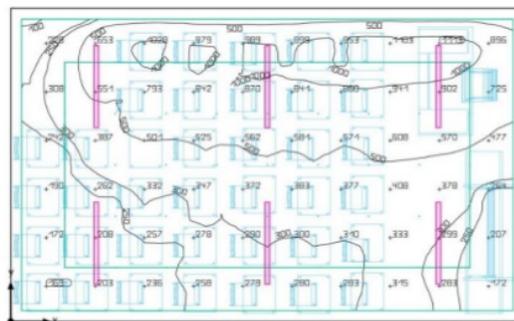
3.3.2. Skenario Penggantian 2

Pada skenario penggantian kedua akan dilakukan penggantian lampu serta pengaturan ulang titik letak lampu pada ruang. Skenario ini dilakukan pada ruang perkuliahan yang memiliki tingkat pencahayaan di bawah standar pencahayaan yang berlaku. Dari hasil pengukuran pada gedung, terdapat sembilan ruang kuliah yang masih memiliki tingkat pencahayaan di bawah standar. Tipe ruang kuliah pada skenario ini adalah ruang kuliah tipe A, B, dan D. Lampu yang digunakan sebagai pengganti adalah lampu merek X MASTER LEDtube 1200 mm UO 15,5W 865 T8. Arus cahaya yang dihasilkan oleh lampu jenis ini adalah 2500 lumen. Jumlah dari titik letak lampu disesuaikan pada metode perhitungan lumen. Pada skenario ini akan dilakukan simulasi penggunaan pencahayaan alami dengan cahaya matahari pada pagi hari, siang hari, dan malam hari. Contoh simulasi yang digunakan pada skenario ini adalah ruang kuliah tipe B (K 205).

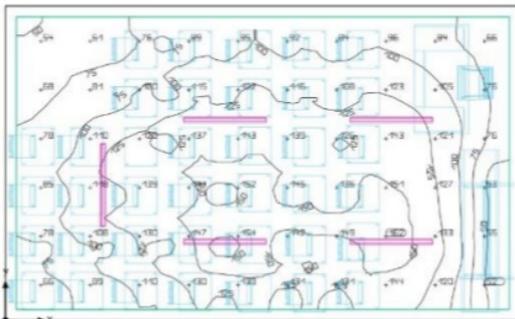
Berdasarkan gambar 4 dan 5 dapat digambarkan persebaran cahaya pada ruang kuliah K 205 menggunakan pencahayaan alami yaitu cahaya matahari. Tingkat pencahayaan tertinggi terdapat pada barisan yang memiliki posisi dekat dengan jendela yaitu pada kiri ruang. Sedangkan pada bagian kelas lainnya memiliki tingkat pencahayaan lebih rendah karena posisi yang semakin jauh daripada posisi jendela ruang.



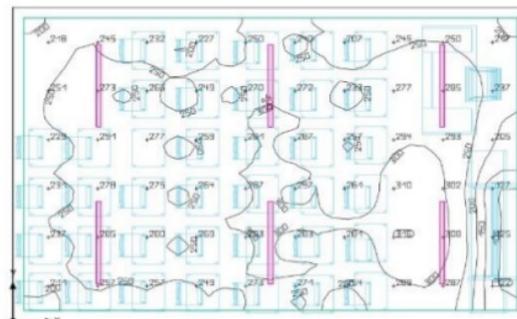
Gambar 4. Peta Persebaran Cahaya K 205 pada Pagi Hari (08.00)



Gambar 5. Peta Persebaran Cahaya K 205 pada Siang Hari (13.00)



Kondisi Eksisting pada Malam Hari (18.00)



Kondisi Penggantian pada Malam Hari (18.00)

Gambar 6. Perbandingan Peta Persebaran Cahaya K 205 Pada Malam Hari (18.00) (Eksisting vs Penggantian)

Pada gambar 6 dapat dilihat perbedaan persebaran cahaya yang dihasilkan oleh lampu pada saat kondisi eksisting dan penggantian. Perbedaan cahaya cukup signifikan. Hal ini dikarenakan skenario penggantian 2 mengganti lampu kondisi eksisting dengan lampu dengan arus cahaya yang lebih besar. Selain itu, jumlah lampu yang digunakan

dalam kondisi penggantian lebih banyak daripada kondisi eksisting. Hasil dari simulasi ini sesuai dengan teori yang digunakan dalam mendesain pencahayaan pada suatu ruangan. Hal itu diperlukan untuk mengatur distribusi cahaya yang dihasilkan pencahayaan dalam ruang untuk meningkatkan efisiensi. Apabila dibandingkan dengan

pencahayaan dalam ruang yang menggunakan lampu fluoresen, penggunaan lampu LED dapat meningkatkan intensitas pencahayaan dan mengurangi konsumsi daya yang digunakan lampu [9].

3.2. Analisis Hasil Arus Cahaya

Arus cahaya dapat diartikan sebagai jumlah cahaya yang dipancarkan oleh sumber penerangan dalam satuan detik. Satuan dari arus cahaya adalah lumen [lm]. Arus cahaya dari lampu tersebut akan mempengaruhi tingkat penerangan dari suatu ruangan. Berdasarkan metode perhitungan lumen, dijelaskan mengenai nilai rekomendasi lumen lampu yang digunakan agar dapat memenuhi standar penerangan yang telah ditentukan.

Tabel 1. Data Arus Cahaya Lampu Kondisi Eksisting dan Penggantian

Ruang	Nilai Minimum Arus Cahaya [lm]	Arus Cahaya Lampu Eksist [lm]	Keterangan	Arus Cahaya Lampu Pengganti [lm]	Keterangan
K 101	1857,81	2500	Ok	2500	Ok
K 102	1901,25	2500	Ok	2500	Ok
K 103	1901,25	2500	Ok	2500	Ok
K 104	1857,81	2500	Ok	2500	Ok
K 105	1857,81	2500	Ok	2500	Ok
K 106	1901,25	2500	Ok	2500	Ok
K 107	2172,85	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 108	1857,81	2500	Ok	2500	Ok
K 201	1855	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 202	2172,85	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 203	1855	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 204	2172,85	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 205	2295,83	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 206	2172,85	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 207	2172,85	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 208	1855	1200	Tidak Ok	2500	Ok
K 209	2156,25	2500	Ok	2500	Ok
K 210	2145	2500	Ok	2500	Ok
K 211	2156,25	2500	Ok	2500	Ok

Pada tabel 1 dipaparkan mengenai kesesuaian antara hasil metode perhitungan lumen dengan arus cahaya lampu eksisting dan pengganti. Metode perhitungan lumen ini menjadi referensi dalam menentukan arus cahaya yang diperlukan oleh lampu pada ruang tersebut berdasarkan nilai minimum arus cahaya yang dihasilkan. Berdasarkan tabel 1 dan 2 dapat dikatakan bahwa jumlah lampu dan arus cahaya lampu yang digunakan merupakan bagian penting agar mencapai pencahayaan yang ideal pada ruang. Selain itu, penempatan titik lampu pada ruang juga merupakan hal yang penting untuk diperhatikan agar persebaran cahaya pada ruang dapat merata. Hasil studi ini sesuai dengan teori pada penelitian yang menyatakan bahwa apabila luas ruang semakin besar, maka jumlah dari lampu yang digunakan akan semakin banyak. Oleh

karena itu, hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi jumlah lampu yang digunakan, namun menggunakan lampu dengan arus cahaya yang lebih tinggi. Dengan mengatur arus cahaya dan jumlah lampu yang digunakan pada suatu ruang, maka penggunaan listrik pada ruang tersebut dapat diminimalisir [19].

3.3. Analisis Hasil Arus Cahaya

Tujuan dari skenario penggantian yang dilakukan adalah menggunakan lampu hemat energi sehingga konsumsi energi dapat lebih rendah. Analisis energi ini dilakukan pada dua buah skenario penggantian. Hasil rekapitulasi dari perbandingan konsumsi energi pada kondisi eksisting dan penggantian akan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Konsumsi Energi Lampu pada Kondisi Eksisting dan Kondisi Penggantian

Ruang Kuliah	Konsumsi Energi Per Hari Kondisi Eksisting [Wh]	Konsumsi Energi Per Hari Kondisi Penggantian [Wh]
K 101	5760	2480
K 102	11520	4960
K 103	11520	4960
K 104	5760	2480
K 105	5760	2480
K 106	11520	4960
K 107	3840	4340
K 108	5760	2480
K 201	1920	2480
K 202	3840	4340
K 203	1920	2480
K 204	4480	4340
K 205	1600	1860
K 206	5120	4340
K 207	3840	4340
K 208	1920	2480
K 209	8640	3720
K 210	8640	3720
K 211	8640	3720
Total Konsumsi Energi Per Hari [Wh]	112000	66960

Hasil konsumsi energi ini merupakan hasil perkalian antara daya yang digunakan seluruh lampu pada ruang kuliah dengan durasi waktu yang digunakan pada lampu. Asumsi waktu yang digunakan pada ruang kuliah per hari adalah 10 jam dari pukul 08.00 hingga 18.00. Berdasarkan tabel 3 dapat dikatakan bahwa jumlah energi yang dibutuhkan lampu kondisi eksisting lebih tinggi daripada konsumsi energi pada kondisi penggantian. Hal ini dikarenakan pada kondisi eksisting, lampu yang digunakan pada ruang kuliah masih menggunakan lampu fluoresen. Lampu fluoresen ini menggunakan daya yang cukup besar sehingga konsumsi energi pada ruang kuliah akan meningkat. Sedangkan pada saat dilakukan penggantian menggunakan lampu LED, konsumsi energi menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan LED memiliki karakteristik yang hemat daya.

4. Kesimpulan

Pada studi ini dapat disimpulkan bahwa jenis, arus cahaya, jumlah, maupun posisi dari titik lampu sangat berpengaruh terhadap persebaran dan tingkat pencahayaan pada ruang kuliah. Selain itu, pada studi ini terbukti juga bahwa penggunaan cahaya matahari pada pagi dan siang hari untuk menghemat penggunaan lampu pada ruang. Hal ini sejalan dengan metode penganturan pencahayaan yang dilakukan pada penelitian Luigi [20] yang menyatakan bahwa perlunya manajemen yang cerdas terhadap efisiensi energi, kualitas pencahayaan dan pengeluaran biaya yang efisien. Untuk merealisasikan sistem pengaturan cerdas ini hal yang perlu diperhatikan antara lain efisiensi alat, desain pencahayaan yang baik, dan sistem kontrol terhadap pencahayaan. Lampu LED dapat dikatakan merupakan sumber penerangan yang paling efektif, andal, dan umur yang lama. Hasil ini sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Daniel dan tim, yang telah melakukan penelitian pencahayaan pada ruang kuliah dengan mengganti lampu fluoresen menjadi lampu LED. Hasil penghematan energi dari kondisi eksisting dengan kondisi penggantian adalah lebih dari 50% [21]. Selain itu, pada beberapa penelitian yang sudah dilakukan menyatakan bahwa penggunaan LED memiliki efisiensi yang sangat tinggi, faktor daya yang bagus, dan memiliki distorsi yang cukup rendah dengan teknologi LED saat ini [22]. Adapun kelemahan dari LED adalah bergantung pada suhu lingkungan di sekitar lampu tersebut. Sehingga perlu adanya pengaturan agar LED tidak cepat panas sehingga umur pakai lampu bisa lebih lama. Studi terkait mengatasi kelemahan dari lampu LED dan feasibilitas lampu LED yang dapat digunakan sebagai lampu darurat apabila listrik padam perlu diperdalam lagi untuk studi selanjutnya.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh hibah penelitian HIBAH PUTI tahun 2020 dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia (DRPM-UI).

Referensi

- [1] M. S. Rea, *The IESNA Lighting Handbook*, New York: The Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- [2] T. Zhang, H. Cheng, L. Xia and X. Liu, "The Influence of Indoor LED Lighting in Depth Perception in Real World," in *15th China International Forum on Solid State Lighting: International Forum on Wide Bandgap Semiconductor China (SSLChina: IFWS)*, Shenzhen, 2018.
- [3] D. Pavlov, I. Petrinska, D. Ivanov and K. Nikolova, "Energy efficient lighting solutions for educational buildings and classrooms," in *11th Electrical Engineering Faculty Conference*, Varna, 2019.
- [4] C. Darmasetiawan and L. Puspakesuma, *Teknik Pencahayaan dan Tata Letak Lampu*, Jakarta: PT. Grasindo, 1991.
- [5] J. H. Saputro, T. Sukmadi and Karmoto, "Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah," *Transmisi*, vol. 1, no. 15, pp. 19-27, 2013.
- [6] H. Nayomi, *Peluang Pemanfaatan Lampu LED Sebagai Sumber Penerangan*, Depok: Universitas Indonesia, 2013.
- [7] N. Narendran and Y. Gu, "Life of LED-Based White Light Sources," *Journal Of Display Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 167-171, 2005.
- [8] G. Lu, C. Yuan, H. Tang, C. Wong, X. Fan and G. Zhang, "Cause Analysis on Highly Depreciated Indoor LED Product in CSA020," in *10th China International Forum on Solid State Lighting (ChinaSSL)*, Beijing, 2013.
- [9] Y. Zhang, Y. Wang, D. Li, L. Liu, X. Li and N. Zou, "Indoor Illumination Based On Distributive LED Lights," in *International Conference on Communication Technology and Application*, Beijing, 2011.
- [10] L. S. Pereira, Y. Pontes and F. M. da Costa, "Energy Efficiency In The Replacement Of Fluorescent Lamps By LED: Application In A Store," in *Brazilian Power Electronics Conference*, Juiz de Fora, 2017.
- [11] R. A. Mangkuto, F. Rahmaniah, T. N. H and D. Pinasthika, "Analisis Sensitivitas dan Optimisasi Sistem Pencahayaan Elektrik pada Gedung Olahraga Bulu Tangkis," *JNTETI*, vol. 8, no. 3, pp. 299-307, 2019.
- [12] A. Suresh, J. P. Salis and S. K.R, "Lighting Optimization to Save Energy in an Indoor Sport Facility," in *Second International Conference on Advanced Computational and Communication Paradigms (ICACCP)*, Gangtok, 2019.
- [13] Muhaimin, *Teknologi Pencahayaan*, Malang: PT. Refika Aditama, 2001.
- [14] A. Rahardjo, *Instalasi Penerangan Bangunan*, Depok: Departemen Teknik Elektro, 2019.
- [15] M.-T. Chen, S.-H. Lin and D.-J. Lin, "Implementation of High Power LED Driving Source with High Efficiency and High Power Factor for Indoor Illumination," in *International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)*, Taichung, 2018.
- [16] A. W. Levy, "Lighting Controls, Patterns of Lighting Consumption, and Energy Conservation," *IEEE Transaction On Industry Application*, Vols. IA-16, no. 3, pp. 419-427, 1980.
- [17] M. L. Aninditio, A. Rahardjo and C. Hudaya, "Lighting Replacement Analysis at Classrooms of Engineering

- Center, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia," in *International Conference on Quality in Research (QiR)*, Nusa Dua, 2017.
- [18] S. Bunjongjit, M. Ngaopitakkul and M. Leelajindakraierk, "Analysis of Harmonics in Indoor Lighting System with LED and Fluorescent Luminaire," in *3rd International Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia*, Kaohsiung, 2017.
- [19] W. N. Muhamad, M. Y. M. Zain, N. Wahab, N. H. A. Aziz and R. A. Kadir, "Energy Efficient Lighting System Design for Building," in *International Conference on Intelligent Systems, Modelling, and Simulation*, Liverpool, 2010.
- [20] L. Martirano, "Lighting Systems to Save Energy in Educational Classrooms," in *10th International Conference on Environment and Electrical Engineering*, Rome, 2011.
- [21] D. F. Espejel-Blanco, J. A. Hoyo-Montano, J. A. Orrante-Sakanassi and J. A. Federico-Rivera, "Comparison of Energy Consumption of Fluorescent VS LED Lighting System of an Academic Building," in *IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech)*, California, 2018.
- [22] C.-A. Cheng, C.-H. Chang, H.-L. Cheng, E.-C. Chang and C.-C. Lai, "A Novel LED Tube Lamp Driver with Power-Factor Correction for Indoor Lighting Application," in *IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Nara, 2018.

Optimasi Penerangan Ruang Perkuliahan dengan Lampu LED Berdasarkan Analisis Arus Cahaya

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

1%

2

Submitted to University of Cape Town

Student Paper

1%

3

Chun-An Cheng, Yi-Ling Chen, Ya-Jing Chen, Su-Wun Lai. "A Novel Cost-Effective AC-DC Power Supply for Indoor LED Lighting Applications", 2019 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2019

Publication

1%

4

Submitted to De Montfort University

Student Paper

1%

5

www.lichtbasis.com

Internet Source

<1%

6

id.123dok.com

Internet Source

<1%

7

Submitted to Universiti Teknologi Malaysia

Student Paper

<1%

8

pt.scribd.com

Internet Source

<1%

9

Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

<1%

10

www.hindawi.com

Internet Source

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 17 words

Exclude bibliography On