

# AUDIT SISTEM PENCAHAYAAN DAN SISTEM PENDINGIN RUANGAN DALAM UPAYA EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI GEDUNG PERKANTORAN PT. VARIA USAHA BETON PLANT TAMBAKOSO WARU

**Moch. Fajar Abidin<sup>1</sup>, Gatut Budiono<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031)5931800, Faks. (031)5927817

E-mail: <sup>1</sup>fajarabidin98@gmail.com, <sup>2</sup>gatut\_budiono@untag-sby.ac.id

## ABSTRAKS

Gedung perkantoran merupakan salah satu bangunan yang mengonsumsi energi listrik cukup tinggi. Pada umumnya sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan adalah faktor penyebab dari kurang efisien dalam pemanfaatan energi listrik pada gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton. Berdasarkan Permen ESDM Republik Indonesia No. 13 Tahun 2012 mengenai penghematan pemakaian tenaga listrik, maka perlu dilakukan manajemen energi listrik agar intensitas konsumsi energi listrik dapat termanajemen dengan baik dan bisa lebih efisien. Pada penelitian ini dilakukan audit sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan dan pada penelitian ini menggunakan metode audit energi dengan menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk proses efisiensi energi listrik. Dari perhitungan audit energi awal didapat hasil nilai IKE pada gedung kantor pusat PT. Varia Usaha Beton sebesar 254,68 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, nilai tersebut melebihi standar dari ASEAN-USAID sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Setelah dilakukan konservasi energi dengan cara mengganti lampu CFL ke LED pada sistem pencahayaan dan menggunakan AC inverter pada sistem pendingin ruangan didapat hasil nilai IKE setelah dilakukan konservasi yaitu sebesar 229,7 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai tersebut tergolong efisien karena dibawah standar ASEAN-USAID.

*Kata Kunci: Audit Energi, Energi Listrik, IKE, Konservasi Energi*

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di Indonesia menjadi meningkat sejalan dengan perkembangan perekonomian dan industri di Indonesia, salah satu yang memiliki ketergantungan cukup tinggi dalam mengonsumsi energi listrik adalah gedung perkantoran. Hal ini terjadi karena gedung perkantoran tidak lepas dengan penggunaan peralatan komputer, sistem pendingin ruangan, sistem penerangan, dan peralatan elektronik lainnya yang menunjang pekerjaan di kantor. Pada umumnya, sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan adalah faktor penyebab dari kurang efisiennya dalam penggunaan energi listrik dikarenakan penggunaannya terkadang tidak sesuai dengan standart atau dari sistem pencahayaannya tidak sesuai dengan lux yang sudah ditentukan.

Sistem pencahayaan pada gedung kantor pusat PT. VARIA USAHA BETON merupakan suatu hal yang sangat penting dan vital, kenapa bisa dikatakan demikian karena kualitas cahaya sangat mempengaruhi kenyamanan dan kinerja dari para pekerja. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam sistem pencahayaan yaitu kualitas, kuantitas, dan konsumsi energi listrik yang efisien. Penggunaan jenis lampu yang tepat dapat berpengaruh terhadap efisiensi energi listrik. Pada sistem pencahayaan sudah diatur standar isi pencahayaan dalam SNI 6197:2011 mengenai konservasi energi pada sistem pencahayaan, dan

pada SNI 6197:2011 juga sudah diatur mengenai standar lux pada setiap ruangan.

Berdasarkan Permen ESDM RI. No. 13 Tahun 2012 mengenai penghematan pemakaian tenaga listrik, maka perlu dilakukan manajemen energi listrik agar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik dapat termanajemen dengan baik dan bisa lebih efisien, oleh sebab itu perlulah dilakukan audit energi listrik pada gedung perkantoran salah satunya yaitu pada gedung kantor pusat PT. VARIA USAHA BETON agar penguasaan energi listriknya dapat termanajemen dengan baik dan bisa mencapai efisien.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Audit Energi

Sifat fisik suatu objek dapat ditransfer melalui interaksi mendasar yang dapat diubah tetapi tidak dapat dibuat atau dihancurkan disebut dengan energi, sedangkan proses pengevaluasian penggunaan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan penggunaan energi serta merekomendasikan peningkatan efisiensi dalam pemanfaatan energi disebut dengan audit energi.

Dalam manajemen energi, untuk menganalisa aliran pemanfaatan energi, menggunakan metode audit energi. Dengan melakukan audit energi, maka akan diketahui bagian mana yang mengalami pemborosan energi sehingga dapat ditentukan langkah yang tepat untuk menekan penggunaan energi yang terlalu boros agar penggunaan energi

menjadi lebih efisien. Pada bangunan gedung, sistem penggunaan energi dapat dikelompokkan pada empat penggunaan energi terbesar yaitu : system pendingin ruangan, sistem pencahayaan, sistem transportasi dan peralatan kantor lainnya.

## 2.2 Konservasi Energi

Konservasi ialah suatu kegiatan pelestarian atau perlindungan, sedangkan konservasi energi listrik adalah pemanfaatan energi listrik dengan daya guna yang rasional, dapat dibenarkan secara ekonomis, dan tanpa mengurangi produktifitas dan kenyamanan, dengan kata lain penggunaan energi listrik yang efisien tanpa mengurangi penggunaan energi listrik yang benar-benar diperlukan.

## 2.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Nilai besarnya pemanfaatan energi listrik pada suatu bangunan biasanya disebut dengan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). IKE menyatakan besarnya pemanfaatan daya listrik (kWh) per luas bangunan (m<sup>2</sup>), seperti terlihat pada rumus (1) dibawah ini. Nilai IKE (kWh/m<sup>2</sup>/tahun) diperoleh dengan membagi total kWh penggunaan daya listrik selama setahun dengan luas bangunan yang digunakan. Nilai IKE dapat dijadikan acuan untuk menentukan potensi penghematan yang dapat dilaksanakan pada setiap ruangan atau seluruh ruangan pada gedung dalam rangka konservasi energi.

$$IKE \left( \frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{Total kWh}{Luas Area} \quad (1)$$

Nilai IKE dapat digunakan sebagai pembandingan dengan batas standar yang ada sehingga akan diketahui seberapa efisien sebuah ruangan atau gedung tersebut. Nilai IKE yang direkomendasikan Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2012 dapat dilihat pada tabel 1 dimana nilai IKE yang dihasilkan akan menentukan apakah sebuah bangunan tergolong sangat efisien, efisien, cukup efisien, dan boros.

**Tabel 1. Standar Nilai IKE untuk Gedung Kantor Berdasar Permen ESDM No. 13 tahun 2012**

Kriteria	Konsumsi Energi Spesifik (kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	
	Gedung Kantor ber-AC	Gedung Tanpa AC
Sangat Efisien	< 8,5	< 3,4
Efisien	8,5 – 14	3,4 – 5,6
Cukup Efisien	14 – 18,5	5,6 – 7,4
Boros	> 18,5	> 7,4

Rujukan standar nilai IKE untuk penggunaan energi listrik di gedung dapat berbeda-beda, karena

dipengaruhi oleh analisa dan sampel gedung yang diambil juga berbeda. Nilai IKE bersifat dinamis yang sewaktu-waktu dapat berubah (berdasarkan hasil penelitian terbaru) mengikuti perkembangan teknologi yang semakin hemat energy. Berikut standar nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk gedung perkantoran dari berbagai sumber :

**Tabel 2. Berbagai Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) unruk Kantor**

Sumber	Standar IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	Tahun Pengeluaran Standar
ASEAN-USAID	240	1987
ESDM & JICA Electric Power Development Co. LTD	198,2	2008
Berdasarkan GBCI (Konsul Bangunan Hijau Indonesia)	250	2010
Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 38 tahun 2012 tentang vBangunan Gedung Hijau	210 - 285	-

## 2.4 Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan merupakan salah satu sistem yang vital pada suatu bangunan karena sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan produktifitas orang yang sedang bekerja di gedung perkantoran. Sistem pencahayaan yang baik harus memenuhi kualitas dan kuantitas yang baik dan hemat energi. Lampu merupakan contoh beban listrik yang banyak digunakan untuk sistem penerangan buatan di perkantoran. Oleh karena itu, penggunaan lampu yang tepat harus diperhatikan untuk penggunaan dalam ruangan suatu gedung dan perlu diperhatikan mengingat umur pemakaian lampu juga sangat berpengaruh dalam efisiensi sistem pencahayaan.

Tingkat pencahayaan merupakan besarnya cahaya atau kuat penerangan yang dibutuhkan untuk menerangi suatu ruangan. Parameter atau satuannya dinyatakan dalam satuan (Lux) dan alat untuk mengukur kuat pencahayaan ini bernama *Luxmeter*. Pada tabel 3 berisi mengenai indeks pencahayaan pada setiap ruangan gedung perkantoran berdasarkan SNI 6197:2011 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan.

**Tabel 3. Standar Tingkat Pencahayaan**

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan
Ruang resepsionis	300 Lux
Ruang direktur	350 Lux
Ruang kerja	350 Lux
Ruang komputer	350 Lux
Ruang rapat	300 Lux
Ruang gambar	750 Lux
Gudang arsip	150 Lux
Ruang arsip aktif	300 Lux
Ruang tangga darurat	150 Lux
Ruang parkir	100 Lux

Intensitas pencahayaan harus diukur dimana bidang kerja atau tempat suatu pekerjaan akan dilaksanakan. Pengukuran intensitas cahaya ini harus diukur di seluruh bidang kerja agar dapat diketahui apakah pencahayaan dari lampu sudah merata.

Satuan intensitas cahaya ( $E$ ) dinyatakan dalam satuan Lux. Jadi rumus untuk menghitung flux cahaya yang diperlukan untuk suatu bidang kerja seluas  $A$  m<sup>2</sup> ialah :

$$\Phi = E \times A \quad (2)$$

Keterangan :

$\Phi$  = Flux Cahaya (lumen)

$E$  = Intensitas Pencahayaan (Lux)

$A$  = Luas Ruangan (m<sup>2</sup>)

Untuk menghitung intensitas pencahayaan lampu yang digunakan pada setiap ruangan dapat dihitung dengan persamaan rumus (3) sebagai berikut :

$$E = \frac{n \times \Phi_{lampu} \times LLF \times CU}{A} \quad (3)$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah Titik Lampu

$E$  = Intensitas Pencahayaan (Lux)

$A$  = Luas Ruangan (m<sup>2</sup>)

$\Phi_{lampu}$  = Flux Cahaya (lumen)

$LLF$  = Light Loss Faktor / Faktor Kehilangan Cahaya

$CU$  = Faktor Utilitas

## 2.5 Sistem Pendingin Ruangan

Sistem pendingin ruangan adalah rangkaian proses pengondisian suhu ruangan dengan tujuan untuk mendapatkan suhu dan kelembaban yang sesuai dan dibutuhkan untuk kondisi suhu ruangan di suatu ruangan. Untuk memperoleh hasil suhu ruangan dengan kondisi yang diinginkan, maka

prangkat yang digunakan dituntut memiliki kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dibutuhkan. Untuk mendinginkan suhu ruangan maka dibutuhkan perangkat untuk pendingin ruangan atau bisa disebut dengan Air Conditioning (AC).

AC adalah suatu perangkat untuk peyejuk ruangan. Ditinjau dari konstruksi, AC dibagi menjadi dua bagian, yakni sisi *outdoor* dan sisi *indoor*. Sisi *outdoor* terdiri dari pipa kapiler dan condenser, tangki penampung air, kipas, dan filter udara sebagai penyaring kotoran. Sedangkan bagian *indoor* terdiri dari blower, pipa penguapan (evaporator), katup ekspansi, dan lain sebagainya.

Perangkat AC yang tepat disesuaikan dengan kapasitas AC, kapasitas AC disebut dengan *Paard Kracht* (PK). Istilah PK AC juga bisa disebut sebagai *Horse Power* atau tenaga dari AC. Ketetapan kapasitas AC yang umumnya menjadi ukuran untuk menentukan penggunaan jumlah AC yang seharusnya terpasang dengan menyesuaikan luas ruangan sehingga diperoleh kapasitas atau PK AC yang tepat sehingga penggunaannya dapat efisien, untuk menentukan kebutuhan AC bisa diperhatikan pada tabel 4.

**Tabel 4. Ketetapan Kapasitas AC**

Kapasitas AC (PK)	Setara Dengan (BTU/Hr)	Untuk Ruangan (m <sup>2</sup> )
1/2	5.000	10
3/4	7.000	12
1	9.000	16
1,5	12.000	24
2	18.000	48
2,5	24.000	64
3	27.000	80
5	45.000	100

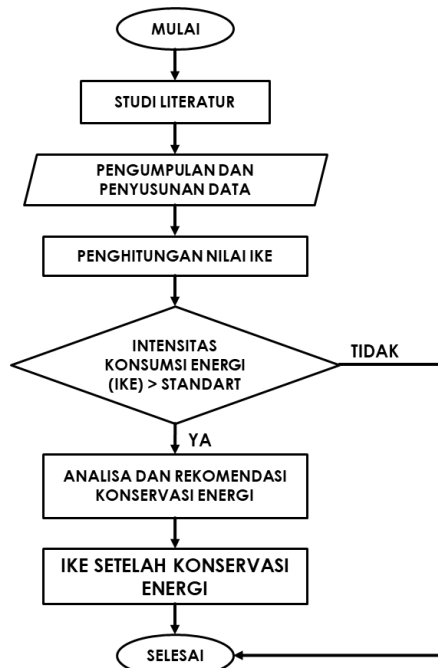
Untuk menghitung kebutuhan AC dengan menggunakan persamaan (4), sedangkan untuk konversi satuan daya normal AC bisa dilihat pada persamaan (5).

$$\text{Kebutuhan AC} = \text{Luas ruangan} \times \text{Koefisien} \quad (4)$$

$$\text{Koefisien } 1\text{m}^2 = 500 \text{ BTU/hr} \quad (5)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Flowchart Peengerjaan



Gambar 1. Flowchart Peengerjaan Tugas Akhir

#### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah tahapan mempelajari buku-buku dan literatur-literatur yang mendukung penyusunan penelitian ini :

1. Mempelajari konsep audit energi listrik dalam sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan.
2. Mempelajari penghitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE).
3. Mempelajari peluang penghematan energi listrik pada sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan.

#### 3.3 Jenis Data

Pada penelitian ini ada beberapa data, berikut adalah data yang digunakan :

##### 1. Data Primer

Data ini diperoleh secara langsung di lapangan dengan cara melakukan pengukuran tegangan dan arus, serta data spesifikasi beban listrik di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton.

##### 2. Data Sekunder

Data ini didapat dari pihak perusahaan dengan melakukan wawancara dan studi literatur, seperti denah ruangan dan spesifikasi Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton.

#### 3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara observasi ke tempat penelitian di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton. Dan juga dilakukan

pengamatan mengenai kondisi bangunan dan beban listrik eksisting serta besarnya konsumsi energi listrik melalui metode pengukuran.

### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Profil dan Sistem Kelistrikan Gedung

Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton terletak di Komplek The Royal Business Park yang berada di Tambak Oso, Jl. H. Anwar Hamzah Blok F02-F03, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo. Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton merupakan dua bangunan gedung yang kebetulan berhimpitan sehingga kedua gedung tersebut dijadikan satu dengan membongkar dinding yang berada di antara kedua gedung tersebut agar terhubung satu sama lain. Kedua gedung ini terdiri dari 6 lantai dengan luas 2061 m<sup>2</sup>. Kebutuhan energi listrik pada gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton dipasok oleh PLN dengan golongan tarif daya listrik (B-2/TR) dengan daya 6.600 VA sampai dengan 200 kVA.

#### 4.2 Audit Energi Awal

Dari data pengukuran beban rata-rata pada bangunan dan luas bangunan dapat dihitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada PT. Varia Usaha Beton.

Diketahui :

$$\text{Total konsumsi energi setahun} = 524.891,17 \text{ kWh}$$

$$\text{Luas bangunan gedung} = 2061 \text{ m}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{IKE} &= \frac{\text{Total Konsumsi Energi}}{\text{Luas Bangunan}} \\ &= \frac{524891,17}{2061} \\ &= 254,68 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan nilai IKE Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton sebesar 254,68 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik pada bangunan dianggap boros karena nilai IKE berada di atas standar ASEAN-USAID yaitu sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Oleh sebab itu perlulah dilakukan konservasi energi.

#### 4.3 Audit Energi Rinci

Dari perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) awal di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton didapat hasil nilai IKE lebih besar dari standar, sehingga langkah selanjutnya adalah melakukan audit energi rinci. Hal ini bertujuan untuk mengefisiensi pemakaian energi listrik yang di batasi pada peralatan listrik yang mengkonsumsi energi yang cukup besar dan banyak peralatan listrik yang tidak sesuai standar seperti pada sistem pencahayaan dan sistem pendingin ruangan.

### 4.3.1 Sistem Pencahayaan

Perhitungan intensitas pencahayaan dilakukan untuk mengetahui kuat penerangan pada setiap ruangan yang ada di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton, selanjutnya akan dibandingkan dengan standar penerangan nasional yang ada di Indonesia yang terdapat pada SNI 6197:2011 Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan untuk mengetahui efisiensi penggunaan energi listrik pada sistem pencahayaan.

Contoh perhitungan intensitas pencahayaan pada ruangan operasional lantai 2 di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton.

1. Dimensi ruangan  
Panjang : 8,5 m  
Lebar : 6 m  
Tinggi : 3,5 m  
Luas : 51 m<sup>2</sup>
2. Komposisi lampu terpasang jenis LED Bulb 14 W berjumlah 22 buah
3. Fluks lumen lampu = 1600 lumen
4. Jenis penerangan : langsung
5. Langit-langit : Terang
6. Dinding : Terang
7. Dengan persamaan rumus (3) intensitas pencahayaan

$$E = \frac{n \times \Phi_{\text{lampu}} \times LLF \times CU}{A}$$
$$E = \frac{22 \times 1600 \times 0,8 \times 65\%}{51}$$
$$E = 358,9 \text{ Lux}$$

Setelah dilakukan penggantian lampu dapat dilihat besar intensitas pencahayaan adalah 358,9 Lux. Dan dari hasil penggantian lampu nilai intensitas pencahayaan sudah sesuai dengan minimal standart SNI 6197:2011 yaitu 350 Lux.

### 4.3.2 Sistem Pendingin Ruangan

Untuk mengetahui kebutuhan pendingin ruangan di Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton, akan dilakukan perhitungan kapasitas AC (Air Conditioner) yang terpasang dan dibandingkan dengan standart yang berlaku. Dari hasil pendataan beban pada sistem pendingin, maka dapat diketahui jenis dan spesifikasi dari pendingin yang terpasang pada setiap ruangan. Contoh perhitungan kapasitas AC (Air Conditioner) yang dilakukan pada ruangan operasional lantai 2 di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton.

1. Dimensi ruangan  
Panjang : 8,5 m  
Lebar : 6 m  
Tinggi : 3,5 m

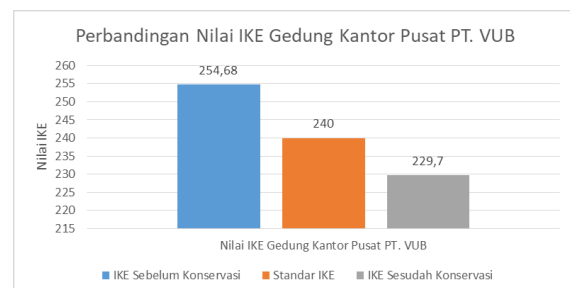
Luas : 51 m<sup>2</sup>

2. Jumlah AC terpasang
  - AC Cassette 2,5 PK 1 buah
3. Dengan persamaan rumus (4) kapasitas AC yang dibutuhkan.  
PK AC yang dibutuhkan :  
=Luas ruangan×Koefisien  
=51×500  
=25500 Btu/jam

Dari perhitungan di atas dapat dilihat besar nilai Btu/jam pada ruang operasional lantai 2 di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton yaitu sebesar 25500 Btu/jam. Nilai tersebut berselisih sedikit di atas nilai Btu/jam yang terpasang pada ruangan tersebut

### 4.4 Hasil Analisa Konservasi Energi

Dari hasil perhitungan total beban pada Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton setelah konservasi dan data luas bangunan, maka didapat nilai IKE akhir pada Gedung Kantor PT. Varia Usaha Beton yaitu sebesar 229,7 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, nilai IKE tersebut menjadi turun yang sebelumnya sebesar 254,68 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Dari hasil analisa konservasi energi didapat nilai IKE sebesar 229,7 kWh/m<sup>2</sup>/tahun yang termasuk efisien karena nilai IKE berada di bawah standar ASEAN-USAID yaitu sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai IKE Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai IKE gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton sebelum konservasi energi sebesar 254,68 kWh/m<sup>2</sup>/tahun dan setelah dilakukan konservasi energi nilai IKE turun menjadi 229,7 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai tersebut sudah tergolong efisien dimana standar ASEAN-USAID yaitu sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.
2. Setelah dilakukan penggantian lampu sebelumnya dengan lampu LED dan melakukan penambahan beberapa titik lampu. Intensitas cahaya setiap ruangan yang didapatkan sudah memenuhi standar minimal SNI 6197:2011. Sebagai contoh pada Ruang Operasional lantai 2 di

Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton nilai intensitas pencahayaan dari hasil perhitungan sebesar 347,69 Lux, dan setelah dilakukan penggantian lampu nilai intensitas pencahayaan menjadi 358,9 Lux. Sedangkan nilai standar untuk ruang kerja sebesar 350 Lux.

3. Setelah dilakukan perhitungan kapasitas pendingin ruangan yang ada. sebagai contoh pada Ruangan Oprasional lantai 2 di Gedung Kantor Pusat PT. Varia Usaha Beton dengan luas ruangan 51 m<sup>2</sup> masih kurang standar, yang terpasang sejumlah 24000 Btu/jm, sedangkan menurut perhitungan standar untuk ruangan tersebut sejumlah 25500 Btu/jam. Akan tetapi hal ini dapat ditoleransi karena nilai Btu/jam hanya berselisih sedikit.

## 5.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk perbaikan dan pengembangan penelitian ini :

1. Mengganti lampu yang sesuai dengan standar kuat penerangan, agar kuat penerangan ruangan memenuhi standar.
2. Merekomendasikan penambahan atau pengurangan Btu/jam pada ruangan yang tidak sesuai dengan standar kebutuhan Btu/jam.

## PUSTAKA

- [1] A. C. Di et al., “Disusun oleh: YOGA PRASETYA,” 2014.
- [2] H. Candra and E. Setyaningsih, “Operasional Lampu TL-Led Terhadap Lampu TL-T8,” vol. 8, pp. 186–193, 2012.
- [3] A. Chumaidy, “Analisa Perbandingan Penggunaan Lampu TL , CFL Dan Lampu LED,” Sinusoida, vol. XIX, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [4] Y. S. Galih, “Jurnal Evolusi Volume 7 No 1 – Maret 2019,” J. Ilm. Galuh Justisi, vol. 7, no. 1, pp. 96–100, 2019.
- [5] F. Sirait and B. A. Wicaksono, “Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN : 2086 - 9479,” J. Teknol. Elektro, Univ. Buana, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017