

OPTIMASI PENGGUNAAN ENERGI PADA SISTEM PENCAHAYAAN GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS LAMPUNG DALAM RANGKA KONSERVASI ENERGI

Muhammad Irfan S¹, Herri Gusmedi², Dikpride Despa³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

¹muhammadirfansantoso@gmail.com, ²herri.gusmedi@eng.unila.ac.id, ³despa@eng.unila.ac.id

Abstrak

Sistem pencahayaan di gedung rektorat Universitas Lampung (Unila) memiliki intensitas cahaya yang kecil akibat penambahan sekat pada ruangan gedung, karenanya perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan kondisi optimal pada sistem pencahayaan. Penelitian ini diawali dengan pengukuran Intensitas Konsumsi Energi (IKE), pengukuran intensitas cahaya ruang dan konsumsi energi pencahayaan kemudian mencari rekomendasi pengoptimalan penggunaan energi listrik pada sistem pencahayaan dengan metoda lumen. Nilai hasil pengukuran IKE, intensitas cahaya serta hasil pengoptimalan dibandingkan dan dianalisis. Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh, nilai IKE gedung rektorat unila sebesar 3,13 kWh/m² per bulan, nilai ini merupakan hasil yang sangat efisien berdasarkan PerMen ESDM No.13 tahun 2012. Untuk nilai intensitas cahaya, terdapat 93,18% ruangan yang tidak sesuai dengan dengan SNI 03-6197-2010. Keadaan ini termasuk pada kondisi tidak nyaman, karenanya perlu dilakukan optimasi dengan beberapa alternatif. Setelah dilakukan optimasi dengan alternatif tersebut, alternatif yang paling efisien dan memenuhi intensitas cahaya ruangan yang sesuai dengan SNI 03-6197-2010 dengan nilai IKE 3,299 kWh/m² per bulan adalah alternatif dengan menggunakan lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1.

Kata Kunci : intensitas konsumsi energi, sistem pencahayaan, gedung rektorat, konservasi energi, PerMen ESDM no.13 tahun 2012, SNI 03-6197-2010.

Abstract

The lighting system in Gedung Rektorat of Lampung University has low light intensity due to addition of insulation inside the building rooms. Therefore, it is necessary to do a research in order to obtain the optimal condition of the lighting system. This research begins with measuring the Intensity of Energy Consumption (Intensitas Konsumsi Energi/IKE), light intensity inside the room, energy consumptions on lightening system and looking for recommendation of optimization electrical energy consumptions on the lightening system by lumen method. The IKE measurement result, light intensity and optimization result are compared and analyzed. Based on the result of measurement and calculation, the value of IKE in Gedung Rektorat of Lampung University is 3.13 kWh/m² per month, based on the ministerial decree (PerMen ESDM 13 tahun 2012) this value is very efficient. For light intensity, there are 93.18% room not in accordance with SNI 03-6197-2010. This is influenced by uncomfortable condition, therefore it is necessary to do optimization with several alternatives. After optimization, the most efficient alternative and fulfill the light intensity corresponding to SNI 03-6197-2010 with 3.299 kWh/m² per month of IKE is an alternative which used LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1.

Key Words : Energy consumption intensity, lighting system, rectorate building, energy conservation, PerMen ESDM no.13 tahun 2012, SNI 03-6197-2010.

I. PENDAHULUAN

Konservasi energi nasional merupakan rangkaian kegiatan yang menjadi tanggung jawab pemerintah, pemerintah daerah, pengusaha, dan masyarakat seperti yang dijelaskan Permen ESDM no.13 tahun 2012 tentang penghematan energi listrik, bahwa dalam rangka lebih meningkatkan penghematan pemakaian tenaga listrik, perlu dilakukan pemakaian tenaga listrik secara efisien dan rasional tanpa mengurangi

keselamatan, kenyamanan dan produktivitas. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka audit dan rekomendasi pengoptimalan terhadap penggunaan energi pada sistem tata pencahayaan Gedung Rektorat UNILA adalah langkah awal yang harus dilakukan. Kunci penghematan energi pada gedung-gedung tinggi adalah dengan penggunaan listrik untuk AC (*Air Conditioner*) dan penerangan yang dapat ditekan serendah mungkin [2].

Penelitian ini akan memberikan laporan hasil audit berupa perhitungan nilai IKE dan

beban pencahayaan serta mencari peluang-peluang untuk penghematan energi serta memberikan rekomendasi tentang pengoptimalan penggunaan energi dalam rangka konservasi energi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Cahaya

Cahaya merupakan satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya. Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut [7]:

- Pijar, benda padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu tertentu. Intensitas meningkat dan penampilan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- Muatan Listrik, jika arus listrik dilewatkan melalui gas, maka atom dan molekulnya akan memancarkan radiasi, dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- Electro Luminescence, cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- Photo luminescence, radiasi pada salahsatu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat, maka radiasi tersebut disebut fluorescence atau phosphorescence.

Cahaya nampak, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya ultraviolet (*UV*) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak. Pencahayaan sendiri dapat dibagi menjadi [7]:

2.1.1. Pencahayaan alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain menghemat energi listrik juga dapat membunuh kuman. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar ataupun dinding kaca sekurang-kurangnya 1/6 daripada luas lantai.

Sumber pencahayaan alami kadang dirasa kurang efektif dibanding dengan penggunaan pencahayaan buatan, selain karena intensitas cahaya yang tidak tetap, sumber alami menghasilkan panas terutama saat siang hari. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar penggunaan sinar alami mendapat keuntungan, yaitu:

- Variasi intensitas cahaya matahari.
- Distribusi dari terangnya cahaya.
- Efek dari lokasi, pemantulan cahaya, jarak antar bangunan.
- Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung.

2.1.2. Pencahayaan buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat pencahayaan alami tidak mencukupi. Fungsi pokok pencahayaan buatan baik yang diterapkan secara tersendiri maupun yang dikombinasikan dengan pencahayaan alami adalah sebagai berikut [4]:

- Menciptakan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat secara detail serta terlaksananya tugas serta kegiatan visual secara mudah dan tepat.
- Memungkinkan penghuni berjalan dan bergerak secara mudah dan aman.
- Tidak menimbulkan penambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
- Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan, dan tidak menimbulkan bayang-bayang.
- Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.

Disamping hal-hal tersebut di atas, dalam perencanaan penggunaan pencahayaan untuk suatu lingkungan kerja maka perlu pula diperhatikan hal-hal berikut ini :

- Seberapa jauh pencahayaan buatan akan digunakan, baik untuk menunjang dan melengkapi pencahayaan alami.
- Tingkat pencahayaan yang diinginkan, baik untuk pencahayaan tempat kerja yang memerlukan tugas visual tertentu atau hanya untuk pencahayaan umum.
- Distribusi dan variasi iluminasi yang diperlukan dalam keseluruhan interior, apakah menyebar atau tefokus pada satu arah.
- Arah cahaya, apakah ada maksud untuk menonjolkan bentuk dan kepribadian ruangan yang diterangi atau tidak.
- Warna yang akan dipergunakan dalam ruangan serta efek warna dari cahaya.
- Derajat kesilauan obyek ataupun lingkungan yang ingin diterangi, apakah tinggi atau rendah.

Disamping memperhatikan kedua aspek diatas, hal lain yang juga perlu diperhatikan adalah masalah penggunaan energi dalam sistem pencahayaan. Sistem pencahayaan yang baik tidak hanya berusaha mewujudkan kenyamanan dan keindahan dalam ruang, namun juga berusaha meminimalkan penggunaan energi dan biaya pemeliharaannya.

2.2. Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi pada suatu sistem (bangunan). Namun energi yang dimaksudkan dalam hal ini adalah energi listrik. Pada hakekatnya Intensitas Konsumsi Energi ini adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama periode tertentu (satu bulan) dengan luasan bangunan. Satuan IKE adalah kWh/m² per bulan. Standar IKE (Intensitas Konsumsi Energi) yang ditetapkan Permen ESDM no.13 tahun 2012 tentang kriteria penggunaan energi di gedung perkotaan ber-AC, dinyatakan dalam tabel 2.1 [5]:

Tabel 2.1. Per Men ESDM no.13 tahun 2012

Kriteria	Konsumsi Energi Spesifik (kWh/m ² /bulan)
Sangat Efisien	$x < 8.5$
Efisien	$8.5 \leq x < 14$
Cukup Efisien	$14 \leq x < 18.5$
Boros	$x \geq 18.5$

Rumus menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) :

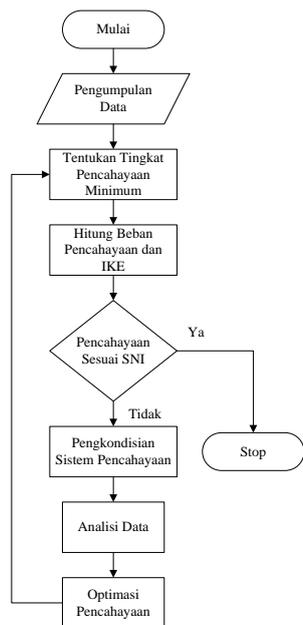
$$IKE = \frac{kWh \text{ total (kWh/bulan)}}{Luas \text{ Total (m}^2\text{)}} \dots\dots (2.1)$$

Nilai IKE ini sangat dipengaruhi oleh besar pemakaian energi pada gedung tersebut, jika tidak ada upaya dalam penghematan maka akan berujung pada pemborosan energi.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini, tahapan-tahapan penelitian digambarkan pada gambar 3.1. Pada diagram alir tersebut hal yang pertama kali dilakukan pada penelitian ini adalah pengumpulan dan penyusunan data yang berupa data historis gedung, diantaranya adalah denah gedung, rekening pembayaran listrik satu tahun terakhir serta intensitas pencahayaan ruangan dan beban pencahayaan. Setelah mendapatkan data, selanjutnya menentukan tingkat pencahayaan minimum setiap ruangan. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung beban pencahayaan dan nilai IKE gedung. Nilai IKE dibandingkan dengan Per Men ESDM no.13 tahun 2012 dan nilai intensitas serta beban pencahayaan dibandingkan dengan SNI 03-6197-2010. Jika salah-satu nilai dari kedua parameter tersebut tidak sesuai dengan target, maka dilakukan pengkondisian dan pengoptimalan pada sistem pencahayaan serta penghitungan ulang. Apabila nilai IKE dan sistem pencahayaan sesuai target, penelitian dilanjutkan dengan mencari sistem pengkondisian pencahayaan paling baik, dengan melihat nilai parameter IKE serta intensitas pencahayaan.



Gambar 3.1. Diagram Alir

3.2. Rancangan Penelitian

Sebagai gambaran tentang bagaimana proses penelitian dilakukan dapat dilihat pada tahapan kegiatan berikut :

- Pengumpulan data
 - Data yang diperlukan meliputi :
 - Denah seluruh lantai.
 - Rekening listrik (konsumsi energi, biaya penggunaan energi dengan basis bulanan).
 - Parameter pencahayaan berupa intensitas pencahayaan dan beban pencahayaan.
- Analisis data
 - Dalam analisis data kegiatan yang dilakukan antara lain membuat :
 - Tabulasi data operasi berdasarkan area pemanfaatan, yaitu :
 - Rincian luas bangunan dan luas total bangunan (m²).
 - Daya listrik total yang dibutuhkan
 - Daya listrik terpasang per m² luas lantai untuk keseluruhan bangunan.
 - Intesitas Konsumsi Energi bangunan.
 - Biaya pemakaian energi bangunan.
 - Neraca energi
 - Perhitungan intensitas pencahayaan dengan metode lumen :

1. Intensitas pencahayaan.

$$E = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

- E : Intensitas penerangan (lux)
- F : Fluks cahaya (luman)
- A : Luas bidang kerja (m²)

2. Indeks ruang

$$k = \frac{p \times l}{t_b(p+l)} \dots\dots\dots (3.2)$$

- k : Indeks ruang
- p : Panjang ruangan (m)
- l : lebar ruangan (m)
- t_b : tinggi sumber cahaya diatas bidang kerja (m)

3. Efisiensi penerangan.

Nilai k hasil perhitungan indeks ruang digunakan untuk menentukan nilai efisiensi penerangan lampu (k_p). Bila nilai k angkanya tidak ada (tidak tepat) pada tabel, maka untuk menghitung efisiensi (k_p) dengan interpolasi berikut :

$$k_p = k_{p1} + \frac{k-k_1}{k_2-k_1} (k_{p1} - k_{p2}) \dots (3.3)$$

➤ Evaluasi Potensi Penghematan Energi.

Saat peluang penghematan energi sudah diidentifikasi maka evaluasi kelayakan ekonomis perlu dilakukan khususnya tentang rekomendasi untuk penghematan energi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Berdasarkan rumus (2.1) didapatkan nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) sebagai berikut :

$$IKE = \frac{22145.64}{7068.22}$$

$$IKE = 3,13 \text{ kWh/m}^2 \text{ per bulan}$$

Dari perhitungan diperoleh besarnya IKE (Intensitas Konsumsi Energi) adalah 3,13 kWh/m² per bulan, jika merujuk dengan standar IKE (Intensitas Konsumsi Energi) yang ditetapkan Per Men ESDM no.13 tahun 2012 tentang kriteria penggunaan energi di gedung perkatoran ber-AC, dapat dikatakan sangat efisien. Namun pada kenyataannya walaupun dikatakan sangat efisien tingkat

kenyamanan pada gedung tersebut belum tercapai.

4.2. Pengukuran Intensitas Cahaya

Hasil pengukuran intensitas pencahayaan pada gedung rektorat Unila yang dibandingkan dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-6197-2010 adalah sebagai berikut :

Lantai 1 :

Lantai 1 terdapat 26 ruangan, untuk hasil pengukuran intensitas cahaya terdapat 25 ruangan yang belum memenuhi standar minimum yang digunakan.

Lantai 2 :

Lantai 2 terdapat 36 ruangan, untuk hasil pengukuran intensitas cahaya terdapat 33 ruangan yang belum memenuhi standar minimum yang digunakan.

Lantai 3 :

Lantai 3 terdapat 35 ruangan, untuk hasil pengukuran intensitas cahaya terdapat 32 ruangan yang belum memenuhi standar minimum yang digunakan.

Lantai 4 :

Lantai 4 terdapat 14 ruangan, untuk hasil pengukuran intensitas cahaya keseluruhan ruangan yang ada belum memenuhi standar minimum yang digunakan.

Lantai 5 :

Lantai 5 terdapat 21 ruangan, untuk hasil pengukuran intensitas cahaya terdapat 19 ruangan yang belum memenuhi standar minimum yang digunakan.

Dari hasil pengukuran terdapat 123 ruangan dari 132 ruangan di gedung rektorat Unila yang intensitas penerangannya belum mencapai standar SNI 03-6197-2010. Hal ini akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan gedung tersebut.

4.3. Beban Pencahayaan

Dari hasil perhitungan didapatkan total beban pencahayaan seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1.Total beban pendinginan maksimum

Lantai	Total Beban Pencahayaan Terpasang (watt)
1	2464
2	5792
3	3442
4	2454
5	2042
Total Beban	16194

Total beban pencahayaan terpasang di gedung rektorat Unila adalah 12,194 kW. Untuk kontribusi pencahayaan pada pemakaian energi gedung rektorat dapat dihitung dari total beban pencahayaan terpasang 12,194 kW x 8 jam pemakaian (asumsi pemakaian pada Gedung Rektorat) = 129,544 kWh per hari dengan perbandingan total pemakaian energi gedung sebesar 1006.62 kWh per hari, sehingga didapatkan persentase pemakaian energi listrik untuk sistem pencahayaan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Persentase Beban} &= \frac{129,544 \text{ kWh}}{1006.62 \text{ kWh}} \times 100\% \\ &= 12,90\% \end{aligned}$$

4.4. Optimasi Sistem Pencahayaan

Optimasi penggunaan energi pada sistem pencahayaan gedung rektorat dilakukan dengan :

Alternatif 1 :

Pada kondisi ini, dimana penggunaan lampu pada seluruh ruangan diganti dengan jenis lampu dengan efikasi yang tinggi yaitu lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1. Akan tetapi intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja yang dihitung disesuaikan dengan kondisi eksisting hasil pengukuran. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode lumen didapatkan, penggunaan energi untuk optimasi pertama sebesar 12,8865 kW jika diasumsikan bahwa penggunaan energi listrik pada pencahayaan selama 8 jam per harinya, maka didapatkan energi yang diperlukan pencahayaan sebesar 103,092 kWh per hari. Dengan menggunakan 2.1 maka didapatkan nilai IKE untuk optimasi pertama sebesar 3,05 kWh/m² per bulan.

Alternatif 2 :

Pada kondisi ini, penggunaan jenis lampu menggunakan lampu TL-D 36W/830 1SL, dimana lampu tersebut merupakan jenis lampu yang paling banyak digunakan pada gedung rektorat, yaitu sebanyak 354 lampu dari total 506 lampu yang terpasang serta intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja di setiap ruangan yang dihitung berdasarkan SNI 03-6197-2010. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode lumen didapatkan, penggunaan energi untuk optimasi kedua sebesar 33,048 kW jika diasumsikan bahwa penggunaan energi listrik pada pencahayaan selama 8 jam per harinya, maka didapatkan energi yang diperlukan pencahayaan sebesar 264,384 kWh per hari. Dengan menggunakan 2.1 maka didapatkan nilai IKE untuk optimasi kedua sebesar 3,55 kWh/m² per bulan.

Alternatif 3 :

Pada kondisi ini, penggantian jenis lampu menggunakan lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1, dimana lampu ini merupakan lampu dengan nilai efikasi cahaya yang tinggi yaitu sebesar 120 lumen/watt, serta intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja di setiap ruangan yang dihitung berdasarkan SNI 03-6197-2010. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode lumen didapatkan, penggunaan energi untuk optimasi ketiga sebesar 22,8855 kW jika diasumsikan bahwa penggunaan energi listrik pada pencahayaan selama 8 jam per harinya, maka didapatkan energi yang diperlukan pencahayaan sebesar 183,084 kWh per hari. Dengan menggunakan 2.1 maka didapatkan nilai IKE untuk optimasi ketiga sebesar 3,299 kWh/m² per bulan.

Secara keseluruhan, jika melihat dari tingkat pencahayaan minimum serta penggunaan energi yang sesuai dengan SNI 03-6197-2010 maka alternatif kedua merupakan kondisi yang paling ideal untuk direkomendasikan pada sistem pencahayaan gedung rektorat Unila.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Nilai IKE gedung rektorat Unila sebesar 3,13 kWh/m² per bulan, nilai ini merupakan hasil yang sangat efisien berdasarkan PerMen ESDM No.13 tahun 2012. Akan tetapi tingkat

pencahayaan belum sesuai dengan SNI 03-6197-2010. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi dengan alternatif, pertama penggunaan lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1 dimana intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja disesuaikan dengan kondisi eksisting hasil pengukuran, kedua penggunaan jenis lampu menggunakan lampu TL-D 36W/830 1SL dimana intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja berdasarkan SNI 03-6197-2010, ketiga penggunaan jenis lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1 dimana intensitas penerangan rata-rata pada bidang kerja berdasarkan SNI 03-6197-2010. Dari alternatif tersebut, alternatif ketiga merupakan alternatif yang paling optimal dimana penggunaan lampu LED T8 16.5T8/48-3500 IF 10/1 dapat memenuhi nilai standar intensitas cahaya ruangan yang sesuai dengan SNI 03-6197-2010 dan nilai IKE gedung rektorat Unila untuk alternatif ini sebesar 3,299 kWh/m² per bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, A. dan Kuahara, S. 1973. *Teknik Tegangan Tinggi. Jakarta (Jilid III). PT Dainippon Gitakarya Printing.*
- [2] Despa, Dikpride. Dr. 2013. *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Listrik Unila untuk mendukung upaya Konservasi Energi.*
- [3] Dugan, R.C, McGranaghan M.F, Beaty H.W. , 1996, *Electrical Power System Quality, McGraw-Hill Book Company, New York.*
- [4] EECCHI. 2010. *Efisiensi dan Konservasi Energi di Indonesia.* Jakarta : Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [5] PerMen ESDM No. 13 Tahun 2012. *Kriteria penggunaan Energi di Gedung Perkatoran ber-AC.*
- [6] SNI 03-6197-2010.. *Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan.* BSN : Jakarta.
- [7] UNEP. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, Chapter-Peralatan Energi Listrik : Pencahayaan.*