

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

Menurut Mukhlis (2011), dalam penelitiannya mengenai Evaluasi Penggunaan Energi Listrik pada Bangunan Gedung di Lingkungan Universitas Tadulako. Ada tiga metode yang digunakan dalam penelitiannya tentang audit energi, yaitu observasi langsung, pengukuran luas ruangan dan mendata seluruh jumlah peralatan listrik yang ada pada suatu ruangan. Data yang terkumpul digunakan untuk melakukan perhitungan dengan Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Jumlah objek yang diteliti ada 136 ruangan, yaitu terdiri dari 72 ruangan yang ber AC dan 64 ruangan tidak ber AC. Jumlah ruangan yang memiliki nilai IKE tergolong boros ada 29 ruangan dengan peluang penghematan Rp 3.704.263; penghemat Rp 4.989.749. Sedangkan untuk ruangan yang nilai IKE tergolong sangat boros ada 65 ruangan dengan peluang penghematan Rp 8.992.210; bila peluang penghematan dari 136 ruangan diimplementasikan maka universitas tersebut dapat menghemat biaya energi listrik sebesar Rp 17.686.222 perbulan.

Yadi Mulyadi, Anggi Rizki, dan Sumarto (2013), melakukan analisis dengan judul Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Penggunaan Energi Di Gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran kualitas daya di gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia sudah termasuk dalam kondisi efisien. Jika di tahun sebelumnya biaya tagihan listrik bisa mencapai Rp

618.308.196.- dengan mengaplikasikan rekomendasi peluang penghemat energi dimungkinkan adanya penurunan biaya tagihan listrik di tahun yang akan datang.

Jati Untoro, Herry Gusmedi, Nining Purwasih (2014), melakukan suatu penelitian mengenai Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila. Dari hasil penelitian yang dilakukan nilai IKE pada setiap gedung berbeda-beda. Pada Gedung Perpustakaan IKE nya adalah 24,31 kWh/m²/tahun. Pada GSG adalah 26,89 kWh/m²/tahun. Pada Gedung A Fakultas Pertanian adalah 77,74 kWh/m²/tahun. Pada hasil perhitungan IKE yang didapat belum melebihi standar IKE untuk gedung yang ber AC. Standar IKE untuk gedung perkantoran yaitu 145 kWh/m²/tahun.

Ajen Mukarom (2013), melakukan suatu kajian dengan judul Kajian Terhadap Management Konservasi Energi Listrik untuk Perencanaan dan Pengendalian Pada Gedung Perkantoran PT PHE. Bahwa konsumsi dan biaya energi listrik tahun 2012 berfluktuasi tetapi cenderung mengalami penurunan. Namun nilai IKE tergolong dalam kategori cukup efisien. Profil beban harian memperlihatkan adanya ketidaksesuaian jam operasi peralatan dengan jam operasi kerja. Kualitas sistem kelistrikan yang terdiri atas nilai cosphi, tegangan, arus, frekuensi, dan harmonisa menunjukkan nilai yang sesuai standar kecuali nilai maksimum ketidak seimbangan arus pada trafo 2 dan nilai harmonisa tegangan dan arus. Nilai OTTV selubung bangunan gedung 29.45 Watt/m² dan nilai tewrsebut masih dibawah nilai standar nasional Indonesia.

2.2 Sejarah

Gedung *Twin Building* K.H. Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta diresmikan pada tanggal 20 Februari 2017 setelah diletakkannya batu pertama sekaligus peresmian proses pembangunan pada bulan september 2015 yang dilakukan sekaligus oleh Ketua Umum Pimpinan Pusat Muhammadiyah Haedar Nashir.

Pemberian nama ini dirujuk dari saran ketua umum PP Muhammadiyah. Nama K.H. Ibrahim diambil dari nama ketua umum PP Muhammadiyah kedua setelah K.H. Ahmad Dahlan. Gedung K.H. Ibrahim memiliki 7 tingkat yang saling berhubungan, terdiri dari lantai basement, ruang tata usaha, ruang dosen, ruang kuliah serta aula sidang.

Sejak pertama diresmikan gedung K.H. Ibrahim digunakan untuk kegiatan belajar mengajar mahasiswa fakultas pendidikan bahasa dan fakultas ekonomi. Pemanfaatan gedung K.H. Ibrahim untuk menunjang kreatifitas mahasiswa dengan memanfaatkan fasilitas yang sudah disediakan.

2.3 Landasan Teori

Audit Energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan besaran penggunaan energi dalam gedung dan telah

diterapkan di berbagai negara seperti. Satuan yang digunakan adalah Kwh/m²/tahun (SNI 03-6196-2000) dapat pula dituliskan dengan rumus :

$$IKE = \frac{\text{kWh total (kWh/Tahun)}}{(\text{Occ Rate X Area Room}) + (\text{Area Non Room})} \dots\dots\dots (1)$$

Atau

$$IKE = \frac{\text{pemakaian energi listrik (kWh/Bulan)}}{\text{luas bangunan}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Pemakaian energi listrik (kWh):

$$\frac{((n. \text{lampu} \times W. \text{lampu}) + (n. \text{STU} \times W. \text{STU})) \times t}{1000}$$

n. lampu : Jumlah lampu

n. STU : Jumlah sistem tata udara terpasang

W. lampu : Daya lampu terpasang (Watt)

W. STU : Daya sistem tata udara (Watt)

t : Waktu pemakaian

Nilai dari IKE diatas digunakan sebagai tolak ukur ke-efisiensian pemakaian suatu energi listrik pada sebuah gedung.

2.3.1 Energi Listrik

Listrik adalah salah satu bentuk energi yang sangat penting bagi kebutuhan pokok yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan umat manusia di era global ini. Hal ini dikarenakan hampir semua kebutuhan manusia yang berkaitan dengan peralatan menggunakan listrik sebagai energinya. Salah satu contohnya, yaitu : televisi, kulkas kipas angin, mesin cuci, lampu, bahkan peralatan-peralatan pembuat kue dan lain-lain.

Energi listrik berasal dari muatan listrik yang menimbulkan medan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada konduktor (pengantar listrik) atau ion (positif atau negatif) pada zat cair atau gas. Listrik memiliki satuan Ampere dan tegangan dimana dapat disimbolkan dengan A untuk Ampere dan V untuk tegangan dengan satuan volt. Dengan ketentuan kebutuhan pemakaian daya listrik Watt yang disimbolkan dengan W. Energi listrik dapat diciptakan oleh sebuah energi lain dan bahkan sanggup memberikan energi yang nantinya dapat dikonversikan pada energi lain. Pemakaian atau konsumsi energi listrik pada saat ini dalam satuan energi listrik yaitu Watt (W). Dari perhitungan tersebut didapat dari perkalian antara tegangan dan arus. Selain menggunakan satuan daya konsumsi energi juga bergantung pada lamanya pemakaian dalam satuan waktu yaitu jam (h). Untuk mempermudah konsumsi maka petugas biasanya menggunakan satuan kWh.

Fungsi energi listrik sendiri dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan untuk keperluan peralatan rumah tangga, elektronik, pabrik, dan kebutuhan

konsumsi lainnya. Standarisasi tegangan yang kita gunakan di negara Indonesia ini ditetapkan pada 220V dengan frekuensi 50 Hz.

2.3.2 Audit Energi dan Konservasi Energi

Audit energi adalah suatu proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada suatu gedung baik itu perusahaan, kampus, rumah sakit, dan gedung-gedung yang tinggi yang membutuhkan energi lebih banyak dari yang lain. Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN), audit energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. (SNI 6196:2011).

Konservasi energi merupakan suatu kegiatan yang memanfaatkan energi secara optimal tanpa mengurangi penggunaan energi pada suatu kegiatan atau pekerjaan yang benar-benar diperlukan.

Adapun tujuan dari konservasi energi pada sebuah gedung adalah untuk upaya sistematis, terpadu, dan terencana dalam melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia atau menurunkan kinerja alat. (SNI 6196:2011).

Adapun tujuan dari audit energi adalah untuk mengidentifikasi dan melihat berapa peluang penghematan energi tanpa harus mengurangi kualitas pengguna itu sendiri, serta menaikkan tingkat kebutuhan energi yang cukup signifikan. Teknik audit energi sendiri terdapat 3 macam cara, yaitu:

2.3.2.1 Audit Energi Singkat

Dimana audit ini menggunakan pengumpulan data histori, dokumentasi bangunan yang tersedia, observasi lapangan langsung. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari observasi ke lapangan maupun dengan melakukan wawancara.

Perhitungan efisiensi penggunaan energi:

- a. Menghitung intensitas konsumsi energi (kWh/m²/bulan).
- b. Menghitung kecenderungan penggunaan energi.
- c. Menghitung presentase potensi penghematan energi.
- d. Melakukan audit lanjutan.

2.3.2.2 Audit Energi Awal (AEA)

Suatu kegiatan yang dilakukan dengan pengumpulan data energi bangunan dengan data yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran .

Pengumpulan data dengan audit energi awal antara lain:

- a. Pengumpulan data historis

Pengumpulan ini mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai dengan gambar konstruksi bangunan tersebut seperti denah bangunan, gambar instalasi, dan diagram garis tunggal. Adapun hal yang lain meliputi pembayaran rekening listrik bulanan, tingkat hunian bangunan (*occupancy rate*).

- b. Pengukuran Singkat

Pada hal ini alat ukur yang digunakan adalah alat yang portable dan pengukuran dilakukan dengan cara sampling pada sejumlah titik pengguna energi utama.

Untuk mengetahui bahwa audit energi awal dilakukan bila adanya rekomendasi dari hasil pengukuran singkat atau secara langsung tanpa melalui audit energi secara singkat.

2.3.2.3 Audit Energi Rinci (AER)

Audit Energi Rinci dilaksanakan apabila audit energi awal memberikan gambaran nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik lebih besar dari nilai standar yang ditentukan. Audit terinci digunakan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan tersebut, sehingga dapat diketahui peralatan pengguna energi apa saja yang pemakaiannya energinya cukup besar. Data tersebut meliputi pengumpulan data historis, dokumentasi bangunan, observasi, dan pengukuran lengkap.

Audit Energi Rinci (AER) dilaksanakan apabila mendapatkan rekomendasi dari audit energi awal atau singkat.

Analisis data yang dilakukan, yaitu:

- a. Perhitungan efisiensi dan profil penggunaan energi:
 1. Menghitung penggunaan konsumsi energi pada suatu objek yang diteliti.

2. Menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) (kWh/m²/bulan) serta indeks konsumsi energi.
3. Menghitung kinerja operasi aktual (rata-rata).
 - b. Menganalisis data yang telah dilakukan pengukuran.
 - c. Analisis finansial hemat energi.

2.3.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan Peluang Hemat Energi (PHE)

IKE adalah suatu istilah yang biasa digunakan dalam pemahaman tingkat pemakaian energi pada bangunan baik berupa gedung perkantoran, rumah sakit, pasar, hotel, dan lain-lain. IKE listrik merupakan suatu istilah untuk menyatakan besaran pemakaian energi pada sebuah bangunan gedung per m² per bulan atau per tahun. Nilai ini digunakan sebagai tolak ukur dalam menghitung potensi penghematan energi yang mungkin diterapkan di tiap ruangan atau seluruh area bangunan atau gedung. Persamaan yang digunakan dalam menghitung IKE, yaitu:

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi}}{\text{Luas Area}} \dots\dots\dots(3)$$

Berikut ini merupakan tabel standar IKE pada sebuah bangunan gedung di Indonesia berdasarkan jenis bangunannya:

NO	Jenis Gedung	IKE (kWh/m ² /tahun)
1	Perkantoran	240
2	Pusat Perbelanjaan	330
3	Hotel dan Apartemen	300
4	Rumah Sakit	380

Tabel 1. Standar IKE pada bangunan

Sebagai pedoman yang telah ditetapkan nilai standar IKE untuk sebuah bangunan di Indonesia yang telah ditetapkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia (DPNRI) tahun 2004 yang di acu dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Kriteria	Ruangan AC (kWh/m ² /bln)	Ruangan Non AC (kWh/m ² /bln)
Sangat Efisien	4,17-7,92	-
Efisien	7,92-12,08	0,84-1,67
Cukup Efisien	12,08-14,08	1,67-2,5
Agak Boros	14,58-19,17	-
Boros	19,17-23,75	2,5-3,34
Sangat Boros	23,75-37,75	3,34-4,17

Tabel 2. Standar kriteria IKE

Sedangkan peluang energi dapat berjalan apabila nilai dari IKE hasil pengukuran melebihi dari nilai standar yang telah ditetapkan. Untuk menghitung

peluang dari penghematan energi yang dapat diterapkan pada sebuah gedung menggunakan rumus :

$$\text{PHE} = \Delta \text{IKE} \times \text{total area yang dikondisikan}$$

Dimana :

ΔIKE : nilai IKE yang terjadi (kWh/m²/bulan)

Area : luas ruangan (m²)

Peluang untuk penghematan biaya dapat ditentukan dari hasil perhitungan PHE sebelumnya dengan menyesuaikan tarif biaya listrik per kWh. Untuk kampus Universitas Muhammadiyah sendiri merupakan golongan sosial industri dimana dikenakan tarif biaya per kWh sebesar Rp. 1.467,28

Untuk menghitung peluang dari oenghematan biaya dapat dilakukan dengan rumus :

$$\text{Peluang hemat biaya} = \text{PHE} \times \text{tarif listrik}$$

Dimana :

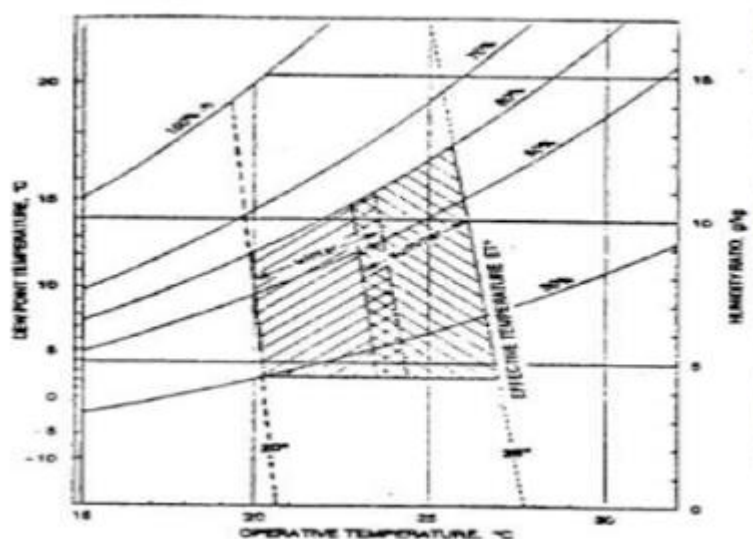
PHE : peluang hemat energi

Tarif listrik : biaya per kWh (Rp. 1.467,28)

2.3.4 Sistem Tata Udara

Arismunandar dan Saito (2004) menjelaskan bahwa sistem tata udara merupakan suatu proses memanaskan atau mendinginkan udara untuk mencapai kelembapan yang diinginkan.

Berikut grafik standar efektif temperatur dan zona kenyamanan yang dijelaskan oleh Ashrae(1993).



Gambar 1. Sistem tata udara

Dari grafik diatas dijelaskan zona kenyamanan menurut ASHRAE yaitu pada:

- Kelembapan relative : 30% - 60%
- Temperatur DB : 20°C - 28°C
- Temperatur WB : 20°C – 30°C

Jika seseorang berada dalam ruangan yang tertutup dalam jangka waktu yang lama, maka seseorang tersebut akan merasakan ketidaknyamanan, begitu juga ketika seseorang berada di ruangan terbuka pada siang hari dan matahari bersinar dengan terang lalu mengenai tubuh, maka orang tersebut juga pasti akan merasakan ketidaknyamanan. Hal ini diakibatkan oleh dua faktor, yaitu temperatur dan kelembapan udara yang tidak sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh tubuh tersebut.

Kondisi suhu dan kelembapan dalam suatu ruangan sangat mempengaruhi kenyamanan bagi seseorang yang berada didalamnya. Rasa nyaman itu sendiri dapat diperoleh apabila suhu ruangan tersebut berkisar antara 24°C-27°C dengan kelembapan udara antara 55-65 persen (BSN 2011). Untuk mendapatkan kenyamanan tersebut maka digunakanlah alat penyejuk udara seperti *air conditioning* (AC) dan kipas angin.

Pada *Air Conditioning* (AC) dikenal dengan istilah *Coefficient of Performance* (COP) dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Koefisien dari kinerja pendinginan merupakan perbandingan antara laju aliran kalor yang diserap oleh sistem pendingin dengan laju aliran energi yang dimasukkan dalam sistem tersebut. Sedangkan rasio efisiensi energi merupakan perbandingan antara kapasitas pendingin neto peralatan pendingin (Btu/jam) dengan seluruh masukan energi listrik (Watt) pada saat beroperasi. Apabila digunakan dengan satuan yang sama untuk kapasitas pendingin dan masukan energi listrik, nilai dari COP sama dengan nilai EER.

Efisiensi adalah kapasitas dalam watt dibagi dengan masukan dalam watt. untuk mengatur temperatur dalam udara ruangan, disebut dengan rasio efisiensi energi (EER) atau koefisiensi kinerja (COP), untuk mengkonversi EER dan COP, kalikan EER dengan 0,293.

$$EER = \frac{\text{Efek Pendingin } (\frac{Btu}{Jam})}{\text{Energi input } (W)}$$

Sedangkan kinerja siklus refrigerasi biasanya digambarkan oleh koefisien kinerja (COP), yang didefinisikan sebagai manfaat dari siklus (jumlah panas yang dihilangkan) dibagi dengan masukan energi yang dibutuhkan untuk siklus operasi.

$$COP = \frac{\text{Efek Pendingin } (kW)}{\text{Energi input } (KW)}$$

Penerapan pada konservasi energi listrik pada sistem pendingin udara dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, mulai dari pengaturan penetapan temperatur udara ruangan hingga sikap yang perlu diterapkan dalam pelaksanaan penerapan pola manajemen energi hemat energi yang hemat (Handoko dkk 2012).

2.3.5 Sistem Penerangan

Menurut Harten dan Setiawan (1985), Sistem penerangan adalah suatu sistem yang mengatur pencahayaan baik bersifat alami maupun buatan. Untuk mengetahui sistem penerangan perlu diketahui beberapa kriterianya. Flux Luminous adalah laju emisi cahaya atau kuantitas cahaya yang diproduksi oleh sumber cahaya yang dinyatakan dalam satuan [Lumen].

a. Efisiensi Luminous (Efikasi)

Suatu perbandingan antara laju emisi cahaya (Lumen) dan daya listrik yang digunakan dalam memproduksi cahaya. Efikasi ini dinyatakan dalam satuan [Lumen/Watt].

b. Iluminasi (Tingkat pencahayaan)

Adalah laju emisi per luas permukaan yang dikenainya. Tingkat pencahayaan ini dinyatakan dengan satuan [Lumen/m²] atau [lux]. Pedman pencahayaan dirumah sakit memuat beberapa penjelasan dan teori pencahayaan serta kategori pada ruangan-ruangan dirumah sakit yang disesuaikan dengan bidang kerjanya.

Penerangan terhadap bangunan gedung merupakan kebutuhan yang dominan dalam penggunaannya. Manusia sangat membutuhkan penerangan atau cahaya untuk membantu melihat suatu objek. Penerangan yang berada di rumah biasanya terletak di kamar, teras, toilet, garansi, gudang, ,mushola, atau bahkan sebagai penghias ruangan. Pada setiap ruang biasanya menggunakan jenis lampu yang berbeda sesuai dengan kebutuhan didalam ruangan. Pada sebuah bangunan yang besar seperti gedung perkantoran, rumah sakit, sekolah, hotel, perusahaan industri, dan lain-lainnya. Sedangkan untuk penerangan yang terletak di jalan atau luar bangunan biasanya menggunakan PJU (Penerangan Jalan Umum). Adapun ciri-ciri penerangan yang baik sebagai berikut:

A. Terang Cahaya

Pada suatu benda biasanya memiliki tingkat pencahayaan yang berbeda. Hal ini disebabkan adanya beda tingkat pencahayaan pada

sebuah warna di objek. Pada dasarnya pengelihatan pada suatu objek itu tergantung pada kontras cahaya yang terang. Perbandingan antara terang cahaya biasanya disebut dengan rasio. Semakin kecil suatu rasio maka akan mempersulit atau tidak mudah dalam mengamati suatu benda tetapi apabila semakin besar suatu rasio maka akan semakin baik dan akan mempermudah penglihatan pada suatu benda. Sehingga penerangan hendaknya dibuat relatif pada sebuah ruangan.

B. Sinar yang Menyilaukan

Suatu sinar cahaya yang menyilaukan biasanya berasal dari sumbernya langsung. Cahaya yang menyilaukan biasanya berasal dari lampu yang tidak menggunakan pelindung atau pelindung yang tidak sesuai . adapun cara yang digunakan untuk mengurangi silau cahaya yaitu dengan cara memasang lampu pada tempat yang benar dan tepat, mengatur jarak ketinggian, serta mengatur jarak kemiringan. Pada saat perancangan pemasangan pada sistem pencahayaan harus diletakkan sesuai letak yang strategis sesuai dengan ruangan tersebut. Pemasangan yang tepat bertujuan agar tidak mengganggu sesuatu kegiatan baik itu dalam sistem pekerjaan maupun dalam proses belajar sehingga penggunaannya akan efisien.

C. Penerangan Cahaya yang Cukup

Penerangan cahaya yang cukup dapat mempengaruhi penglihatan seseorang dalam melihat suatu benda atau objek dengan jelas. Mata manusia sendiri membutuhkan cahaya didalam suatu ruangan dengan

penyinaran alami. Dalam melihat suatu benda baik yang besar maupun yang kecil membutuhkan penerangan yang berbeda. Semakin kecil benda yang kita lihat maka sistem penerangan yang dibutuhkan lebih dari standar normal, agar benda tersebut dapat terlihat oleh mata dengan jelas.

D. Tidak Terdapat Kontras yang Tajam

Pada suatu ruangan bagian dari suatu benda dapat dibedakan dengan mudah pada bagian-bagian dari suatu benda tersebut dari latar belakang yang ada disekelilingnya pada pencahayaan yang diperlukan. Apabila pada bagian suatu benda tersebut mudah dilihat maka perencanaan harus membuat kontras yang sesuai dengan benda tersebut serta latar belakang yang sesuai supaya dapat dibedakan dengan mudah. Apabila perencanaan tersebut tidak sesuai atau kurang tajam akan mengakibatkan kelelahan yang dialami oleh mata dengan cepat. Untuk mengatasi hal tersebut maka ditambahkan pada tingkat pencahayaan yang disesuaikan dengan tempat yang terdapat kontras yang berlebihan.

E. Warna yang Sesuai

Warna merupakan sesuatu yang sangat terbilang penting dalam menciptakan suatu lingkungan yang nyaman dan kondusif. Warna itu sendiri dapat menciptakan suatu suasana yang baik pada suatu lingkungan, baik itu dari segi pekerjaan, belajar, dan lain sebagainya. Selain itu penggunaan warna yang tepat dapat juga mengurangi

pemantulan cahaya akibat warna yang tidak merata sehingga cahaya yang dihasilkan akan pudar. Dalam hal ini penggunaan warna lampu perlu dilakukan penyesuaian yang tepat antara warna dengan kondisi ruangan yang digunakan.

F. Meratanya Pancaran Pencahayaan

Pemanacaran cahaya yang merata akan membantu terciptanya fleksibilitas *layout* ruang pada ruang kerja. Apabila penerangan yang tidak merata akan mengakibatkan kerja mata lebih berat sehingga dapat berdampak pada mata. Hal ini disebabkan oleh penerangan yang tidak merata sehingga mata akan melakukan penyesuaian terhadap kondisi ruangan. Dalam hal ini pun mata harus melakukan dua pekerjaan yaitu mata harus melihat pada dua sisi, dari sisi terang dan sisi gelap.

2.3.6 Profil Beban Listrik Harian

Pengukuran profil beban listrik harian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola pemakaian dan pengoperasian peralatan yang menggunakan tenaga listrik pada perusahaan. Profil beban listrik gedung didapat dari pengukuran yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat ukur Electrical Power Analyzer pada setiap zona yang terletak disetiap gedung. Di dalam Gedung Twin Building sendiri terdapat dua zona yang letaknya di basement E6 dan E7. Profil beban listrik harian disajikan dalam bentuk chart beban yang menunjukkan hubungan antara pemakaian listrik dengan waktu.

Dengan adanya kurva beban akan terlihat seberapa besar penggunaan listrik setiap waktu.

2.3.7 Kualitas Kelistrikan

a) Faktor Daya (Cosphi)

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya nyata dengan daya semu. Dimana daya reaktif akan dikirimkan dari sumber beban, walaupun tidak didata pada alat ukur energi seperti halnya dengan daya aktif. Magnitude dari daya reaktif akan meningkat seiring dengan menurunnya faktor daya. Adanya energi yang terbuang yang disebabkan adanya daya reaktif ini sehingga menyebabkan beberapa penyuplai listrik memberika pinalti berupa denda kepada konsumen yang memiliki faktor daya yang rendah. Dimana PLN sendiri menentukan standar nilai untuk cosphi senilai 0.85 atau 85 persen. Selain itu, keadaan ini akan meningkatkan rugi-rugi pada jaringan listrik hal ini disebabkan karena adanya peningkatan arus yang dikirimkan. Oleh sebab itu penghematan energi yang baik dapat dilakukan dengan cara menaikan atau meningkatkan faktor daya. Peningkatan faktor daya dapat dilakukan dengan cara melakukan pemasangan kapasitor paralel pada sisi beban.

b) Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan beda potensial antara dua penghantar yang bermuatan listrik. Besaran ini memiliki satuan Volt. Biasanya alat yang digunakan untuk mengukur tegangan adalah voltmeter.

Tegangan listrik dapat dibagi menjadi dua, yaitu fasa-fasa dan fasa-netral. Tegangan fasa-fasa adalah beda potensial antara fasa yang satu dengan fasa yang lain, yaitu R-S, R-T, dan S-T. Sedangkan fasa-netral adalah beda tegangan antara fasa dengan netral, yaitu R-N, S-N, dan T-N. Untuk tegangan dari fasa-netral sendiri yaitu 220 V.

Nilai tegangan listrik merupakan hal penting dalam sistem kelistrikan hal ini disebabkan karena bila nilai ketidakseimbangan tegangan diatas dari nilai standar maka kinerja dari motor-motor listrik menjadi turun serta cepat mengalami kerusakan. Nilai ketidakseimbangan itu sendiri tidak boleh melebihi dari 3 persen. Hal ini dikarenakan jika nilai ketidakseimbangan yang tinggi akan menimbulkan arus yang tidak seimbang dan akan menyebabkan motor menjadi panas.

c) Arus Listrik

Arus listrik merupakan gerakan kelompok partikel yang bermuatan listrik dalam arah tertentu. Besaran ini dinyatakan dalam satuan Ampere. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik adalah amperemeter.

Nilai ketidakseimbangan arus merupakan salah satu parameter yang diukur untuk mengetahui kualitas dari sistem kelistrikan. Nilai ketidakseimbangan arus sendiri tidak boleh melebihi dari 20 persen dan apabila nilai ketidakseimbangan arus melebihi dari 20 persen maka akan mengakibatkan *Transformer Harmonic Derating Factor* (THDF) menjadi tinggi, timbul arus netral, dan isolasi menjadi panas serta dapat mempengaruhi kinerja trafo distribusi.

d) Frekuensi

Frekuensi listrik adalah jumlah siklus arus bolak-balik per detik. Beberapa negara termasuk Indonesia menggunakan standar nilai frekuensi sebesar 50 Hz. Salah satu parameter kualitas sumber listrik yang dianggap baik adalah yang mempunyai frekuensi yang konstan. Frekuensi dapat berubah-ubah sama halnya dengan tegangan. (Rao Cen 1990).

2.3.8 Audit Energi Selubung Bangun

Komponen terbesar dalam dalam pemakaian energi dalam suatu bangunan gedung adalah sistem pendingin atau AC. *Air Condition* mencapai 50-70 persen dari seluruh penggunaan energi listrik. Oleh karena itu sasaran dari penghematan energi pada bangunan gedung seharusnya ditujukan pada optimasi sistem tata udara. Efisiensi sitem tata udara dapat dilakukan dengan cara memperkecil beban pendingin serta memilih sistem kontrol tata udara yang tepat dan sesuai.

Beban pendingin dari suatu bangunan gedung yang dikondisikan terdiri dari beban internal dan beban eksternal. Beban internal sendiri yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni, serta peralatan lain yang menimbulkan atau menghasilkan panas. Sedangkan beban eksternal yaitu panas yang masuk dalam sebuah bangunan akibat dari radiasi matahari dan konduksi melalui selubung bangunan. Untuk membatasi beban eksternal, selubung dan bangunan bidang atap merupakan elemen penting yang harus di perhitungkan dalam penggunaan energi (Loekita 2006). Karena fungsinya sebagai selubung eksternal maka kriteria-kriteria konservasi energi perlu dipertimbangkan dalam proses desain suatu

bangunan khususnya yang menyangkut perancangan bidang-bidang eksterior dalam hubungannya dengan penampilan tampak bangunan.

Untuk mengurangi beban eksternal terdapat sebuah badan yaitu Badan Standarisasi Nasional Indonesia yang menentukan kriteria dari desain selubung bangunan yang dinyatakan dalam Harga Alih Termal Menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value*, OTTV) yaitu $\leq 45 \text{ Watt/m}^2$. Ketentuan ini berlaku untuk bangunan gedung yang dikondisikan dan dimaksudkan untuk memperoleh desain selubung bangun yang dapat mengurangi beban eksternal sehingga dapat menurunkan beban pendinginan. Perancangan selubung bangunan yang optimal dapat menghasilkan penggunaan energi yang efisien tanpa harus mengurangi dan mengubah fungsi dari bangunan tersebut, memberikan kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni, serta dapat mempertimbangkan dari segi aspek biaya.

Konsep OTTV sendiri mencakup tiga element dasar perpindahan panas yang melalui selubung luar bangunan yaitu: radiasi matahari melalui kaca, konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya, dan konduksi panas melalui kaca. Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{OTTV} = \alpha [U_w \times (1 - \text{WWR})] \times \text{TD}_{\text{ex}} + (\text{SC} \times \text{WWR} \times \text{SF}) + (U_f \times \text{WWR} \times \Delta T) \dots$$

dimana:

OTTV = nilai perpindahan panas termal pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²)

α = absorbtansi radiasi matahari

U_w = transmitansi termal dinding tak tembus cahaya (Watt/m². °K)

WWR = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

TD_{ex} = beda temperatur ekivalen (°K)

SC = koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

SF = faktor radiasi matahari (Watt/m²)

U_f = transmitansi termal fenestrasi (Watt/m². °K)

ΔT = beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (diambil 5 °K)

Untuk menghitung OTTV seluruh dinding luar, hasil perhitungan OTTV pada semua bidang luar dijumlahkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$OTTV = \sum_{i=1}^n \frac{(A_{oi} \times OTTV_i)}{A_{oi}}$$

dimana:

A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar (m^2). Luas ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut

OTTV = nilai perpindahan panas termal pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu ($Watt/m^2$)

2.3.9 Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik merupakan tarif yang dikenakan oleh pemerintah untuk para konsumen atau pelanggan pada Perusahaan Listrik Negara (PLN). Energi yang digunakan, termasuk beban pada penerangan dapat dihitung secara manual. Dimana beban dikalikan dengan waktu lamanya beroperasi.

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

dimana:

E_{load} = Energi yang terpakai (Wh)

P_{load} = Daya beban (Watt)

t = Waktu

Adapun tarif dasar listrik merupakan salah satu komponen analisis biaya yang menjadi bahan pertimbangan saat menentukan jenis beban yang akan terpasang dan jika pada lampu maka akan menentukan watt nya yang akan dipasang. Pada dasarnya tarif dasar listrik di Indonesia sudah ditentukan sesuai dengan penggunaan oleh konsumen. Sesuai dengan Keputusan Presiden Republik

Indonesia no.104 tahun 2003 yang menyebutkan bahwa penetapan tarif dasar listrik oleh PLN pada bulan april-juni 2017 adalah:

BULAN APRIL - JUNI 2017					
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
9.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-

(sumber: <http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/>)

Gambar 2 Tarif Dasar Listrik

2.3.10 Studi Kelayakan Program Konservasi Energi

Studi dalam kelayakan konservasi energi adalah suatu proses yang mengkaji aspek-aspek pada suatu sistem energi. Untuk mengetahui apakah pengelolaan energi tersebut masih dalam kata layak atau perlu mengalami perubahan atau retrofitting maupun yang perlu diganti dengan teknologi yang baru (Kemenprin 2011).

Pada penelitian kali ini konservasi energi difokuskan pada penggunaan pencahayaan dan tata udara atau *air condition* (AC). Apakah penggunaan pencahayaan dan AC pada bangunan gedung kampus Twin Building sudah didalam kata standar ataukah belum?