

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Audit energi berfokus terutama pada energi total konsumsi peralatan elektronik, system pendingin ruangan, pencahayaan, lift, dan lain-lain. Audit energi dianggap salah satu metode yang komprehensif dalam pemeriksaan penggunaan energi dan pemborosan di bangunan. Secara pengertian audit energi adalah kegiatan untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu bangunan untuk mengetahui potret penggunaan energi dan mencari peluang penghematan konsumsi energi. Berikut adalah penelitian audit energi yang sudah dilakukan dan digunakan untuk bahan referensi penulis :

#### **Audit Energi Listrik Studi Kasus di Gedung Perpustakaan Pusat UGM Sayap Selatan[4]**

Kegiatan Audit energi listrik dilaksanakan di Gedung Perpustakaan Pusat UGM Sayap Selatan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan ruangan dan profil penggunaan energinya. Metode yang digunakan adalah observasi, pengukuran, wawancara, kuisioner dan studi literatur.

Feni Wijastuti menyebutkan bahwa sistem tata udara memiliki beban daya listrik sebesar 76%, sistem penunjang operasional sebesar 14% dan sistem tata cahaya memiliki beban terkecil sebesar 10%. Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) memberikan hasil 52,068 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Daya pencahayaan untuk perpustakaan adalah sebesar 2,93 W/m<sup>2</sup>. Hasil pengukuran pencahayaan menunjukkan bahwa tempat baca yang terletak pada area koridor dan berada dekat dengan jendela memiliki tingkat pencahayaan di atas batas maksimal dari standar pencahayaan yang direkomendasikan. Pengukuran suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa ruangan yang tidak menggunakan AC memiliki suhu dan kelembaban di atas batas maksimal dari standar yang direkomendasikan. Hasil kuisioner juga menunjukkan bahwa masih ada pengunjung yang merasa tidak nyaman dengan kondisi suhu, dan tingkat pencahayaan. Perpustakaan Pusat UGM Sayap Selatan dapat dikatakan sebagai gedung yang hemat energy namun belum memenuhi syarat tingkat kenyamanan suatu ruangan.

#### **Audit Energi Listrik Studi Kasus di Gedung Pusat UGM Sayap Selatan dan Timur Yogyakarta[2]**

Septiana Ria Prihandita menyebutkan bahwa Gedung Pusat UGM Sayap Selatan dan Timur mengkonsumsi energi listrik selama 1 tahun sebesar 322.774 kWh dengan luas bangunan 7586,32 m, sehingga diperoleh hasil Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 37,164kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai

ini masih dalam tingkat kewajaran sehingga penggunaan energi listrik masih tergolong hemat. Distribusi beban daya listrik di Gedung Pusat UGM Sayap Selatan dan Timur memiliki sistem tata udara dengan beban daya listrik sebesar 57%, peralatan penunjang operasional sebesar 35%, dan sistem tata cahaya sebesar 8%.

Ruangan yang dianalisis pada penelitian ini adalah ruang sumber daya manusia, ruang staff Kantor Hukum Tata Laksana (HKTL), Dewan Audit, Direktorat Pengelolaan dan Pemeliharaan Aset (DPPA), Wakil Rektor Bidang SIK dan LPPM. Hasil pengukuran tingkat penerangan ruangan menunjukkan bahwa ada ruangan yang telah memenuhi standar kenyamanan yaitu ruang Dewan Audit, DPPA, LPPM dan sumber daya manusia. Sedangkan ruang yang nilai pencahayaan ruangnya di bawah standar adalah ruang HKTL dan Wakil Rektor bidang SIK yang hanya 100-250 lux saja. Pada parameter suhu ruangan hanya ruangan LPPM saja yang memenuhi standar kenyamanan. Untuk parameter kelembapan relatif ruangan Dewan Audit, HKTL, LPPM, Wakil Rektor bidang SIK dan sumber daya manusia telah memenuhi standar, sedangkan ruangan DPPA melebihi standar kenyamanan.

### **Audit Energi Listrik dan Analisis Peluang Hemat Energi Listrik Pada Sistem Pencahayaan dan Sistem Pendingin Udara di Rumah Sakit DR. Adhayatma, MPH Semarang[5]**

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sismanto, D. J menunjukkan adanya kemungkinan penghematan untuk sistem pencahayaan, penggantian ballast elektromagnetik dengan ballast elektronik sebesar Rp. 1.928.475,9/bulan. Sedangkan pada sistem pendingin ruangan, penggantian refrigerant dapat memungkinkan dilakukannya penghematan sebesar Rp.4.447.978,2/bulan.

## **2.2 Tinjauan Teori**

### **2.2.1 Konservasi Energi**

Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah, serta sekarang juga dapat dilaksanakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Kebijakan energi ini dimaksudkan untuk memanfaatkan sebaik-baiknya sumber energi yang ada, juga dalam rangka mengurangi ketergantungan akan minyak bumi, dengan pengertian bahwa konservasi energi tidak boleh menjadi penghambat kerja operasional maupun pembangunan yang telah direncanakan[6].

Menurut SNI 03-6196-2000 tentang prosedur audit energi pada bangunan gedung, definisi konservasi energi adalah upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindari. Tingkat keberhasilan penggunaan energi secara efisien sangat

dipengaruhi perilaku, kebiasaan, kedisiplinan, dan kesadaran masyarakat akan pentingnya hemat energi. Selain efisiensi energi, cara lain yang dapat dilakukan adalah perawatan dan perbaikan peralatan listrik sehingga pengendalian penggunaan energi dapat terpantau. Kebijakan mengenai konservasi energi juga diatur dalam Undang-Undang Energi No 30 Tahun 2007 Pasal 25 yang mengatur mengenai Konservasi Energi, yaitu[8] :

1. Konservasi Energi Nasional menjadi tanggung jawab Pemerintah, Pemerintah Daerah, penguasa, dan masyarakat.
2. Pengguna energi dan produsen peralatan hemat energi yang melaksanakan konservasi energi diberi kemudahan dan/atau insentif oleh Pemerintah dan/atau Pemerintah Daerah.
3. Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang tidak melaksanakan konservasi energi diberi disinsentif oleh Pemerintah dan/atau Pemerintah Daerah.
4. Peraturan lebih lanjut tentang Konservasi Energi akan dituangkan dalam Peraturan Pemerintah.

### **2.2.2 Audit Energi**

Audit energi merupakan usaha atau kegiatan untuk mengidentifikasi jenis dan besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri atau pabrik atau bangunan dan mencoba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Sasaran dari audit energi adalah untuk mencari cara mengurangi konsumsi energi per satuan output dan mengurangi biaya operasi[7]. Kita dapat mengetahui pola distribusi energi suatu bangunan gedung melalui audit energi, sehingga bagian yang mengkonsumsi energi terbesar dapat diketahui. Dari hasil audit energi juga dapat diketahui besarnya peluang potensi penghematan energi apabila dilakukan peningkatan efisiensi.

Kegiatan audit energi merupakan kegiatan pengecekan berkala untuk menjamin apakah energi digunakan secara tepat, efisien, dan rasional. Dengan audit energi, maka indikasi kebocoran energi dapat dilacak dan ditelusuri yang kemudian ditentukan langkah perbaikan. Adapun lingkup kegiatan energi diantaranya :

1. Melakukan identifikasi penggunaan energi khususnya yang berkaitan dengan jenis energi, sistem pemakaian, dan biaya energi.
2. Observasi tingkat penggunaan energi sesuai dengan kondisi bangunan jenis penggunaannya.
3. Mengetahui dimana potensi terbesar untuk memperbaiki efisiensi penggunaan yang dapat dilakukan.
4. Bagaimana melakukan perbaikan efisiensi tersebut.

Audit energi dapat dilakukan setiap saat atau sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan. Audit energi terbagi 3 diantaranya :

## 1. Audit Energi Singkat

Audit energi singkat adalah proses awal kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis konsumsi energi, luas bangunan, daya terpasang, beban penghunian bangunan dan observasi visual. Perbedaan audit energi singkat dengan audit energi awal yaitu, pada audit energi singkat tidak memerlukan pengukuran pada peralatan listrik. Hasil dari kegiatan audit energi singkat berupa potret penggunaan energi bangunan gedung dan rekomendasi peluang penghematan energi.

## 2. Audit Energi Awal

Tujuan dari audit energi awal adalah untuk mengukur produktifitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Kegiatan audit energi awal meliputi pengumpulan data energi bangunan gedung dengan data yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran. Data tersebut meliputi :

- a. Dokumentasi bangunan yang dibutuhkan adalah gambar teknik bangunan sesuai pelaksanaan konstruksi., terdiri dari :
  - Tapak, denah, dan potongan bangunan gedung seluruh lantai.
  - Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai.
  - Diagram satu garis listrik, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listriknya dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan pembangkit cadangan.
- b. Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir.
- c. Menghitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi(IKE) gedung.

$$IKE = \frac{\text{Total Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

Setiap bangunan mempunyai standar IKE sesuai dengan fungsi bangunan tersebut. Berikut merupakan nilai IKE standar suatu bangunan menurut Pedoman Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional :

Tabel 2.1 Kriteria IKE bangunan gedung

Kriteria	Konsumsi Energi Listrik Bulanan (kWh/m <sup>2</sup> /Bulan)	
	Gedung Ber-AC	Gedung tidak Ber-AC
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	-
Efisien	7,92 – 12,08	0,84 – 1,67
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	1,67 – 2,5
Agak Boros	14,58 – 19,17	-
Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34

Kriteria	Konsumsi Energi Listrik Bulanan (kWh/m <sup>2</sup> /Bulan)	
	Gedung Ber-AC	Gedung tidak Ber-AC
Sangat Boros	23,75 – 37,5	3,34 – 4,17

Pada tabel 2.1 Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Sektor-sektor yang dapat dihitung antara lain :

- a. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m<sup>2</sup>).
- b. Konsumsi energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun)
- c. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun (kWh/m<sup>2</sup>/tahun).
- d. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan pada tahun 1992, target besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik untuk Indonesia adalah sebagai berikut :

- a. IKE perkantoran : 240 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun
- b. IKE pusat belanja : 330 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun
- c. IKE hotel/apartemen : 300 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun
- d. IKE rumah sakit : 380 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun

### 3. Audit Energi Rinci

Audit energi rinci adalah audit energi yang dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi . Audit energi rinci dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan pengguna energi apa saja yang pemakaiannya cukup besar. Kegiatan yang dilakukan dalam audit energi rinci adalah :

- a. Penelitian konsumsi energi
- b. Pengukuran energi
- c. Identifikasi Peluang Hemat Energi(PHE)
- d. Analisis Peluang Hemat Energi(PHE)
- e. Penelitian konsumsi energi

#### 2.2.3 Sistem Tata Udara

Pengadaan suatu sistem tata udara adalah agar tercapai kondisi temperatur, kelembapan,kebersihan, dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Untuk kondisi iklim Indonesia (tropis), proses pengkondisian udara yang berupa pendinginan banyak sekali digunakan. Pendingin ini berfungsi untuk menciptakan kondisi nyaman bagi beberapa aktivitas manusia. Semakin nyaman suatu ruangan tentu akan

meningkatkan tingkat produktifitas di dalamnya. Persyaratan termal yang ditetapkan pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran adalah :

Suhu : 18°C - 28°C

Kelembapan : 40% - 60%

Sistem tata udara terdiri dari 2, yaitu :

1. Sistem tata udara alami

Sistem tata udara alami hanya mengandalkan tata ruang dan aliran udara sekitar bangunan gedung. Untuk ruangan yang tidak menggunakan peralatan pendingin udara harus memiliki lubang ventilasi minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan ventilasi silang agar aliran udara dapat berjalan. Sistem tata udara alami ini berupa jendela, pintu, ventilasi, dan lain-lain.

2. Sistem tata udara buatan

Sistem tata udara buatan digunakan untuk mengendalikan kondisi termal, kualitas, dan sirkulasi udara di dalam ruangan untuk memenuhi persyaratan kenyamanan termal penggunaan bangunan. Sistem tata udara buatan biasanya menggunakan AC (Air Conditioner) sebagai pendingin ruangan yang merupakan paling banyak digunakan di negara-negara tropis seperti Indonesia.

Efisiensi sebuah mesin pendingin sering dinyatakan dengan istilah COP (Coefficient Of Performance) ataupun EER (Energy Efficiency Ratio). COP didefinisi sebagai perbandingan laju kalor yang dikeluarkan dengan laju energi yang harus dimasukkan ke sistem. COP berbanding terbalik dengan biaya operasional, apabila COP lebih tinggi maka biaya operasional yang dikeluarkan akan menjadi lebih rendah.

$$COP = \frac{Q_o(kW)}{W(kW)} \quad (2.2)$$

Dimana :

COP = koefisien prestasi

Qe = kapasitas pendingin

W = daya input compressor

EER (Energy Efficiency Ratio) merupakan indikator efisiensi energi dinyatakan dengan perbandingan antara Btu/h yang dihasilkan AC dengan tenaga listrik watt yang digunakan.

$$EER = \frac{Btu/h}{W} \quad (2.3)$$

Dimana :

EER	= tingkat efisiensi penggunaan energi
Btu/h	= kapasitas pendinginan AC
W	= energi listrik (kWh)

Semakin tinggi angka EER, maka semakin efisien penggunaan energinya. AC dengan EER sama atau lebih besar dari 10 (sepuluh) untuk kondisi saat ini dianggap sudah cukup efisien.

#### 2.2.4 Sistem Pencahayaan

Audit pada sistem pencahayaan bertujuan untuk mengetahui tingkat pencahayaan dalam suatu ruangan, apakah sudah sesuai atau belum dengan fungsi ruangan. Sistem pencahayaan pada bangunan gedung berguna untuk pekerjaan atau kegiatan yang di dalamnya dapat berjalan dengan efisien dan aman. Sistem pencahayaan terbagi dua, yaitu :

1. Sistem pencahayaan alami Pencahayaan alami adalah pencahayaan yang bersumber dari cahaya alam seperti cahaya matahari. Pencahayaan alami dikatakan sukses apabila memaksimalkan tingkat pencahayaan di dalam ruangan dan juga mengoptimalkan kualitas penerangan.
2. Sistem pencahayaan buatan Sistem pencahayaan buatan merupakan pengguna energi listrik terbesar kedua pada sebuah bangunan gedung. Sistem pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi suatu ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat kebutuhan pencahayaan alami tidak mencukupi untuk menerangi suatu ruangan. Besarnya tingkat pencahayaan ruangan sudah diatur dalam SNI 6197-2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.