

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Yadi Mulyadi dkk. (2013) melakukan penelitian tentang analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi penggunaan energi di gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia, Audit energi tersebut dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan data historis konsumsi energi gedung, kemudian menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE), Dalam penelitian ini audit dititik beratkan pada PK (Paard Kracht) atau yang lebih kita kenal sebagai cara menghitung dan menyesuaikan daya pendingin air conditioner dengan ruangan, sebagaimana telah ditetapkan dalam aturan yang baku dalam SNI 03-6196-2000 (Prosedur Audit Energi Pada Gedung) dan diperinci dalam SNI 03-6390-2000 (Konversi Energi Pada Sistem Tata Udara), sedangkan untuk pencahayaan dilakukan penerangan alamiah (sinar matahari) pada waktu siang hari. Lampu penerangan hanya dinyalakan pada saat dibutuhkan saja, dan kekurangan pada penelitian ini adalah hanya mengandalkan sikap perilaku penggunaan energi listrik saja, tidak adanya pergantian ke alat alat elektronik yang lebih hemat energi. Dari analisis, nilai IKE setiap pelanggan pada gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia termasuk dalam kategori efisien.

Jati Untoro, Herri Gusmedi, Nining Purwasih (2014), melakukan penelitian tentang Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila. Gedung gedung tersebut yaitu Gedung Perpustakaan, Gedung SG (GSG), dan Gedung A Fakultas Pertanian. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai IKE pada gedung gedung tersebut. Pada Gedung SG (GSG) nilai IKE nya adalah 26,89 kWh/m²/tahun. Pada Gedung A Fakultas Pertanian nilai IKE nya 77,74 kWh/m²/tahun. Gedung Perpustakaan nilai IKE nya 34,31 kWh/m²/tahun. Dari perhitungan IKE tersebut mengindikasikan bahwa konsumsi setiap gedung sudah sangat efisien dikarenakan standard IKE pada gedung perkantoran yaitu 240 kWh/m²/tahun.

Agung Wahyudi, Dadang S. Permana (2017) membuat jurnal tentang Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten. Dari hasil perhitungan, IKE pada gedung AB, Kabupaten Tangerang yaitu 48,33 kWh/m²/tahun. Nilai itu tergolong sangat efisien karena sebagian ruangan system tata udaranya hanya menggunakan ventilasi alami. Banyak AC yang tidak bekerja karena rusak dan banyak ruangan juga dengan AC berukuran terlalu kecil. Selain itu pada system pencahayaannya kurang terang (dibawah standar SNI). Kondisi ini memiliki kemungkinan akan berdampak pada kenyamanan dan kinerja dari karyawan.

Berikut Tabel 2.1 ringkasan dari tinjauan pustaka diatas.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Judul	Metode	Hasil
1	Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian efisiensi penggunaan energi di gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia	Audit Energi	Nilai IKE setiap pelanggan pada gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan Indonesia termasuk dalam kategori efisien.
2	Audit Energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila	Audit Energi	Dari perhitungan IKE tersebut mengindikasikan bahwa konsumsi setiap gedung sudah sangat efisien dikarenakan standard IKE pada gedung perkantoran yaitu 240 kWh/m ² /tahun.
3	Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten	Audit Energi	IKE pada gedung AB, Kabupaten Tangerang yaitu 48,33 kWh/m ² /tahun. Nilai tersebut efisien namun banyak AC tidak bekerja/rusak dan pencahayaan kurang terang.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Audit Energi

Audit energi merupakan teknik yang dilakukan untuk mengevaluasi konsumsi energi pada bangunan atau gedung. Audit digunakan untuk menentukan peluang-peluang penghematan energi dari bangunan atau gedung yang di audit tersebut.

Audit energi adalah langkah awal ketika melakukan pencatatan data-data pemakaian energi, identifikasi sumber-sumber yang berpotensi boros energi dan analisa kemungkinan kemungkinan pengematan energi, serta perhitungan atas langkah-langkah yang diperlukan.

Audit dibagi menjadi bermacam-macam, yaitu :

a. Audit Energi Singkat

Audit Energi Singkat yaitu suatu kegiatan pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi atau terjun langsung ke lapangan. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan data yang tersedia yang diperoleh dari observasi ke lapangan langsung maupun dengan melakukan wawancara. Perhitungan profil efisiensi pada penggunaan energi, antara lain :

- 1) Menghitung kecenderungan penggunaan energi.
- 2) Menghitung intensitas konsumsi energi (kWh/m²/bulan).
- 3) Menghitung persentase potensi penghematan energi.
- 4) Melakukan audit selanjutnya.

b. Audit Energi Awal

Audit Energi Awal (AEA) yaitu suatu kegiatan pengumpulan data energi bangunan gedung dengan data yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran serta melakukan perhitungan intensitas konsumsi energi berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Pengumpulan data dengan cara Audit Energi Awal, antara lain :

- 1) Pengumpulan Data Historis = Pengumpulan data ini meliputi dokumentasi bangunan yang sesuai dengan gambar konstruksi bangunan seperti gambar instalasi, diagram garis tunggal dan denah bangunan.
- 2) Pengukuran Singkat = Pengukuran singkat ini menggunakan alat yang portable dan pengukurannya dilakukan dengan cara sampling pada sejumlah titik pengguna energi utama. Untuk mengetahui bahwa audit energi awal ini dilakukan jika ada rekomendasi dari hasil pengukuran audit energi singkat atau secara langsung tanpa melalui audit energi singkat.

c. Audit Energi Rinci

Audit Energi Rinci (AER) yaitu suatu kegiatan pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan, observasi atau pengukuran langsung ke lapangan dan pengukuran lengkap. Audit energi rinci ini dilaksanakan apabila tindak lanjut yang dilakukan dari analisa sebelumnya nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan. Audit energi rinci perlu dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan sehingga dapat diketahui peralatan penggunaan energi apa saja yang pemakaiannya cukup besar. Audit energi rinci dilakukan apabila mendapatkan rekomendasi dari audit energi awal atau singkat. Analisis data yang dapat dilakukan, yaitu sebagai berikut :

- a) Perhitungan efisiensi dan profil pada penggunaan energi listrik, yaitu sebagai berikut :
 - 1) Menghitung intensitas konsumsi energi (kWh/m²/bulan) dan indeks konsumsi energinya.
 - 2) Menghitung penggunaan energi pada objek yang akan diteliti.
 - 3) Menghitung kinerja operasi aktual (rata-rata).
- b) Analisis data yang telah dilakukan pengukuran.
- c) Analisis finansial hemat energinya.

2.2.2 Energi Listrik

Energi listrik adalah energi yang berasal dari pergerakan atom terhadap konduktor yang menghasilkan suatu muatan listrik, listrik yang mengalir atau merambat dalam suatu konduktor memiliki satuan arus listrik dalam ampere (A). Selain arus, listrik juga memiliki tegangan dalam satuan volt (V) dan daya listrik dalam satuan watt (W). Pemakaian energi listrik pada saat ini dalam satuan energi listrik yaitu watt (W). Dalam perhitungannya daya listrik didapat 10 dari perkalian tegangan dengan arus. Pemakaian energi listrik selain menggunakan satuan daya (W) juga bergantung pada lamanya pemakaian dalam satuan waktu jam (H). Agar mempermudah proses perhitungan pemakaian energi listrik biasanya menggunakan satuan kWh.

Fungsi energi listrik dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai keperluan peralatan rumah tangga, instansi pendidikan, pabrik, elektronik dan untuk kebutuhan konsumsi lainnya. Untuk standarisasi tegangan yang ada di negara Indonesia ini ditetapkan pada 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz.

2.2.3 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah perhitungan konsumsi energi pada waktu tertentu terhadap satuan luas suatu bangunan atau gedung tertentu. Perhitungan nilai IKE ini merupakan salah satu dari tahapan audit energi. Untuk menentuka nilai IKE, sebelumnya mencari nilai pemakaian energi. Untuk mencari nilai pemakaian energi dapat dihitung dengan rumus:

$$Pemakaian\ Energi\ (kWh) = \frac{((kWh\ total\ Lampu) + (kWh\ total\ STU)) \times t}{1000} \dots (2.1)$$

Keterangan :

STU = Sistem Tata Udara

t = Waktu pemakaian

Selanjutnya setelah didapat nilai pemakaian energi (kWh), maka dapat dilakukan pencarian nilai IKE dengan rumus berikut:

$$\text{IKE} = \frac{\text{pemakaian energi (kWh total)}}{\text{Luas Bangunan}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Indonesia memiliki standar IKE pada sebuah bangunan atau gedung. Standar tersebut dibagi sesuai jenis bangunannya, yaitu pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Standar IKE di Indonesia

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

Menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas : 2006) saat menentukan prestasi penghematan energi, pada gedung kantor dan bangunan komersial dapat mengacu pada standar nilai IKE yang diperlihatkan Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Standar nilai IKE di Indonesia

Ruangan ber-AC (kWh/m ²)/bulan		Ruangan tanpa AC (kWh/m ²)/bulan	
Sangat efisien	4,17-7,92	Sangat efisien	
Efisien	7,92-12,08	Efisien	
Cukup efisien	12,08-14,58	Cukup efisien	0,84-1,67
Cenderung efisien	14,58-19,17	Cenderung efisien	1,67-2,50
Tidak efisien	19,17-23,75	Tidak efisien	2,50-3,34
Sangat tidak efisien	23,75-37,50	Sangat tidak efisien	3,34-4,17

2.2.4 Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan merupakan sistem yang mengatur tentang pencahayaan atau penerangan dari suatu bangunan atau gedung. Pencahayaan tersebut terdiri dari pencahayaan alami dan pencahayaan buatan. Pencahayaan buatan merupakan pencahayaan yang berasal dari sumber cahaya buatan manusia seperti lampu yang membutuhkan sumber energi listrik. Sedangkan pencahayaan alami merupakan pencahayaan yang berasal dari cahaya matahari yang dimanfaatkan sebagai penerangan untuk mengurangi penggunaan energi listrik suatu bangunan. Sistem pencahayaan buatan di butuhkan ketika sistem pencahayaan alami tidak dapat menjangkau suatu ruangan yang membutuhkan pencahayaan. Dalam sistem pencahayaan/penerangan diketahui beberapa satuan yang digunakan, yaitu berikut ini:

- a. Flux Cahaya (ϕ) : Laju emisi dan kuantitas cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Flux cahaya ini dinyatakan dalam satuan (Lumen).
- b. Efisiensi Luminous (Efikasi) : Perbandingan laju emisi cahaya (Lumen) dengan daya listrik yang digunakan untuk menghasilkan cahaya tersebut. Efikasi tersebut dinyatakan dalam satuan (Lumen/Watt). Semakin tinggi efikasi lampu, maka semakin tinggi flux cahaya dan intensitas cahaya lampu tersebut yang berarti pula lampu tersebut semakin hemat energi.
- c. Illuminasi (Tingkat pencahayaan) : Merupakan fluks cahaya yang diterima permukaan bidang yang dikenainya.

2.2.5 Lampu LED

Lampu LED yaitu dioda semikonduktor istimewa yang merupakan sebuah dioda normal, LED memiliki bagian-bagian penting yaitu sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n junction. Hyperlink merupakan panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan LED tersebut, dan warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk p-n *junction*. Cahaya pada LED itu sendiri merupakan energi elektromagnetik yang dipancarkan

dalam bagian spektrum dengan dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang tampak pada LED itu merupakan hasil kombinasi panjang – panjang gelombang yang berbeda dari energi yang dapat terlihat, mata bereaksi melihat pada panjang – panjang gelombang energi elektromagnetik dalam daerah antara radiasi *ultra violet* dan infra merah. Cahaya tersebut terbentuk dari hasil pergerakan-pergerakan elektron pada atom, kemudian elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Setiap elektron pada orbit LED ini jika berbeda maka memiliki jumlah energi yang berbeda juga. Elektron-elektron yang berpindah dari orbit tingkat tinggi ke rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan tersebut merupakan bentuk dari foton sehingga menghasilkan cahaya. Semakin besar energi yang dilepaskan maka, semakin besar energi yang terkandung dalam foton tersebut.

2.2.6 Sistem Tata Udara (Pendinginan)

Sistem tata udara merupakan sistem yang mengatur tentang sirkulasi dan suhu udara dalam suatu bangunan atau gedung. Salahsatu penunjang dalam sistem udara yaitu AC (Air Conditioner). AC saat ini terdapat 2 jenis, yaitu AC konvensional dan AC inverter. AC inverter dianggap 50% lebih hemat dan efisien dibanding dengan AC konvensional. Perbedaannya yaitu dimana pada AC inverter kompresor bekerja tidak mati hidup. Jadi ketika menyalakan AC, starting AC nya hanya memerlukan daya yang lebih rendah dibanding dengan AC konvensional. Lalu disaat ruangan sudah mencapai suhu yang sudah ditetapkan maka kompresor tidak mati, tetapi tetap hidup namun dengan daya rendah dan tetap pada suhu yang ditetapkan. Pada sistem tata udara di gedung F7 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini masih menggunakan AC konvensional. Maka dengan penggantian AC konvensional ke AC inverter dapat menghemat banyak energi listrik dan biaya pengeluarannya. Pada Tabel 2.4 berikut ini 3 contoh AC Inverter ber merk DAIKIN dengan 3 kapasitas PK yang berbeda.

Tabel 2.4 Tipe dan Spesifikasi AC Inverter

No	Tipe	Spesifikasi
1	Daikin FTKM25SVM4 Inverter (https://www.hargaac.co.id/harga-ac-daikin/ftkm25svm4/)	Data (PK) = 1 PK BTUH = 8500 BTU Daya listrik = 520 Watt Harga : ± Rp 7.300.000
2	Daikin FTKM35SVM4 Inverter (https://www.hargaac.co.id/harga-ac-daikin/ftkm35svm4/)	Daya (PK) : 1½ PK BTUH : 11900 BTU Daya listrik : 900 Watt Harga : ± Rp 9.700.000
3	Daikin FTKM50SVM4 Inverter (https://www.hargaac.co.id/harga-ac-daikin/ftkm50svm4/)	Daya (PK) : 2 PK BTUH : 17700 BTU Daya listrik : 1240 Watt Harga : ± Rp 14.400.000

Dalam menentukan AC tentunya perlu diketahui spesifikasi yang diperlukan yaitu salah satunya kapasitas daya pendinginannya. Untuk mengetahui kapasitas daya pendinginannya dapat diketahui dari nilai BTUH dan PK nya. BTUH (BTU per hours), memiliki kepanjangan *British Thermal Unit per hours*. Satuan BTU merupakan satuan daya pendinginan di Britania Raya yang juga digunakan di negara lain seperti Amerika dan negara negara lainnya, yang kemudian satuan BTU ditetapkan menjadi standard dan menjadi perhitungan pada saat memilih AC. Begitu juga dengan PK (*Paarde Kracht*) yang dalam Bahasa belanda tersebut jika di artikan menjadi *horse power* atau daya kuda. Berikut ini merupakan persamaan BTUH dengan PK :

- ± 5.000 BTU/h = ½ PK
- ± 7.000 BTU/h = ¾ PK
- ± 9.000 BTU/h = 1 PK
- ± 12.000 BTU/h = 1½ PK
- ± 18.000 BTU/h = 2 PK

Atau jika dengan perhitungan manual yaitu dengan rumus :

$$\frac{BTUh \text{ Ruang}}{9000 BTUh} \dots\dots\dots (2.3)$$

Kemudian dalam menentukan nilai PK yang efisien pada sebuah ruangan atau gedung yaitu dapat dengan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$Kebutuhan AC = Luas Ruang \times Koefisien BTU \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk nilai koefisien BTUh tergantung dari kondisi ruangan. Namun untuk ruangan seperti perkantoran atau gedung umumnya menggunakan koefisien 500 BTUh. Dari hasil pengalihan tersebut dapat diketahui kebutuhan BTUh yang kemudian dari BTUh tersebut dapat diketahui berapa kapasitas PK yang dibutuhkan untuk suatu ruangan atau gedung.

2.2.7 Peluang Hemat Energi (PHE) dan Peluang Hemat Biaya (PHB)

Salah satu tujuan dari audit adalah mendapatkan penghematan energi. Untuk mendapatkan nilai peluang hemat energi (PHE) yaitu dengan perhitungan nilai IKE dan perhitungan luas area/ruangan. Jika ditulis dengan rumus maka :

$$Peluang Hemat Energi (PHE) = \Delta IKE \times Area \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

ΔIKE = Nilai IKE yang terjadi – target nilai IKE (kWh)

Area = Luas Ruang (m²)

Selanjutnya setelah diketahui nilai PHE nya, kemudian untuk mengetahui PHB (Peluang Hemat Biaya) dapat menggunakan rumus

$$Peluang Hemat Biaya (PHB) = PHE \times Tarif \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

PHE = Peluang Hemat Energi

Tarif = Tarif/Biaya Listrik Langgan