

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Studi Pustaka

Trimunandar, C (2012) dari hasil penelitian audit energi merupakan salah satu cara untuk mengetahui apakah tingkat pemakaian energi di Universitas masuk dalam kategori boros atau efisien. Dari hasil audit energi yang dilakukan di dapatkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di sistem tata udara pada pendingin Universitas nilainya IKEnya $23,10 \text{ kWh/m}^2$ sedangkan pada sistem pencahayaannya sendiri pemakaian energi sebesar $25,04 \text{ kWh/m}^2$ hanya dapat memberikan pencahayaan rata-rata tiap ruang sebesar $114,76 \text{ E(lux)}$. Hal ini mengidentifikasi pada penggunaan energi pada setiap gedung termasuk dalam kategori boros sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Untoro, J (2014) dari hasil penelitian audit energi merupakan salah satu cara pemanfaatan energi pada bangunan untuk mendapatkan Intensitas konsumsi energi pada gedung-gedung tersebut. Dari hasil penelitian pada Gedung Perpustakaan nilai IKEnya $34,31 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$. Pada GSG IKE $26,89 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$. Dan pada Gedung A Fakultas Pertanian IKE $77,74 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan energi listrik pada setiap gedung sudah sangat efisien karena standard IKE pada gedung perkantoran adalah $240 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$.

Sabran, M (2016), dari hasil penelitian audit energi merupakan sebuah evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang hemat energi pada bangunan dan penggunaan sumber energi. Penelitian ini dilakukan di gedung pasca sarjana Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, pada gedung ini terdapat 5 lantai dan dari hasil penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dalam pemakaian 1 bulan yang didapatkan $6,6762 \text{ kWh / m}^2$ yang berarti tergolong Sangat Efisien dan Peluang Hemat Energi yang dihitung sebesar $13,9 \text{ kWh / m}^2$ atau bila dirupiahkan bisa menghemat sejumlah Rp 20 219 276.-

2.2 Dasar Teori

Audit energi merupakan sebuah evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang hemat energi pada bangunan dan penggunaan sumber energi. Beberapa hal yang perlu diketahui sebagai landasan dalam pelaksanaan Audit Energi yaitu:

2.2.1 Energi Listrik

Energi listrik memegang peran besar bagi manusia karena setiap aktivitas sehari-hari pasti membutuhkan energi listrik seperti untuk kebutuhan pribadi, komersial bahkan industri. Energi listrik adalah energi yang dihasilkan oleh muatan listrik sehingga menyebabkan adanya medan listrik statis. Listrik yang mengalir dalam suatu konduktor memiliki satuan arus listrik dalam Amper (A). Selain arus, listrik memiliki tegangan dalam satuan Volt (V) dan daya listrik dalam satuan Watt (W).

Pemakaian energi listrik pada saat ini berupa satuan energi listrik yaitu Watt (W). dari perhitungannya, daya listrik yang di hasilkan berasal dari perkalian tegangan dengan arus. Konsumsi energi listrik selain menggunakan satuan daya (W) juga bergantung pada lamanya pemakaian dalam satuan waktu jam (h). Untuk mempermudah perhitungan konsumsi energi listrik, petugas biasanya menggunakan satuan kWh.

Fungsi energi listrik dalam kehidupan sehari-hari yaitu untuk keperluan peralatan rumah tangga, instansi pendidikan, dan penunjang kebutuhan konsumsi lainnya. Untuk standarisasi tegangan di Indonesia sudah ditetapkan pada 220 V dengan frekuensi 50 Hz.

2.2.2 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah suatu kegiatan untuk pengurangan pemakaian energi. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi pemakaian energi dan mengurangi kecenderungan terhadap pemakaian bahan bakar fosil. Konservasi energi sendiri bisa membantu dalam penghematan finansial dan membantu dalam pemeliharaan lingkungan. Salah satu metode yang terbaik dalam kegiatan konservasi energi ini adalah dengan melaksanakan efisiensi pemakaian energi.

2.2.3 Audit Energi

Kegiatan audit energi merupakan bentuk perhitungan/akumulasi jumlah konsumsi energi yang digunakan secara berkala pada sebuah bangunan seperti sekolah, universitas, rumah sakit dan lain-lain. Dalam tata cara menghemat energi maka didapatkan tujuan akhir proses analisis yaitu untuk mendapatkan probabilitas berupa peluang penghematan pemakaian energi. Hasil dari teknik tersebut akan mendapatkan potret profil dari penggunaan energi yang menggambarkan keseluruhan mengenai pemanfaatan energi pada bangunan. Sehingga didapatkan susunan suatu rancangan untuk mengendalikan penggunaan energi dalam bentuk berupa laporan audit energi. Teknik audit energi dibagi menjadi tiga jenis, diantara yaitu :

2.2.3.1 Audit energi singkat

Kegiatan audit energi singkat yaitu meliputi pengumpulan data historis, dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan IKE, PHE dan penyusunan laporan audit. Perhitungan dilakukan menggunakan data yang sudah ada dan diperoleh melalui observasi dan wawancara. Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi :

1. Perhitungan intensitas konsumsi energi (kWh/m²/bulan)
2. Perhitungan kecenderungan konsumsi energi
3. Perhitungan persentase potensi hemat energi
4. Pilihan untuk audit lanjutan

2.2.3.2 Audit Energi Awal (AEA).

Kegiatan AEA meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, obesrvasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

Pengumpulan data pada AEA antara lain adalah :

1. Pengukuran Singkat

Pengukuran singkat dilakukan menggunakan alat dan pengukurannya dengan cara sampling pada sejumlah titik pengguna energi utama.

2. Pengukuran Data Historis

Pengumpulan data ini meliputi dokumentasi bangunan yang sesuai data yang didapatkan dengan gambar konstruksi bangunan seperti gambar instalasi, diagram, denah bangunan dan lain- lain

Untuk mengetahuinya bahwa audit energi awal dilaksanakan apabila ada rekomendasi dari hasil pengukuran audit energi singkat atau secara langsung tanpa harus melalui audit energi singkat.

2.2.3.3 Audit Energi Rinci (AER).

Kegiatan AER dilakukan bila nilai energi lebih besar dari nilai energi target yang ditentukan. Meliputi pengumpulan data historis, dokumentasi bangunan gedung yang telah tersedia, observasi dan pengukuran. Audit energi ini dilakukan apabila mendapatkan rekomendasi dari audit energi singkat atau awal.

Analisis dan perhitungan data yang dilakukan meliputi :

1. Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi :
 - a. Perhitungan rincian penggunaan energi pada obyek yang akan diteliti
 - b. Perhitungan intensitas konsumsi energi (kWh/m²/bulan) dan indeks konsumsi energi
 - c. Hitung kinerja operasi aktual (rata-rata).
2. Analisis data yang sudah diukur
3. Analisis finansial hemat energi

2.2.4 Intensitas Konsumsi Energi (IKE).

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah istilah yang biasa digunakan dalam pemahaman tingkat pemakaian energi pada bangunan gedung. IKE ini adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama satu periode dengan luasan bangunan dan satuannya sendiri adalah kWh/m² per tahun.

Nilai IKE dinyatakan dalam rumus :

$$IKE = \frac{kWh \text{ total}}{Luas \text{ Bangunan}} \dots\dots\dots (1)$$

pemakaian energi listrik (kWh) :

$$kWh = \frac{((nLampu \times WLampu) + (nSTU \times WSTU)) \times t}{1000} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

nLampu : Jumlah lampu

PLampu : Daya lampu terpasang (Watt)

nSTU : Jumlah sistem tata udara terpasang

PSTU : Daya sistem tata udara (Watt)

t : Waktu pemakaian (s)

Nilai IKE sendiri digunakan sebagai tolak ukur ke-efisienan suatu pemakaian energi listrik pada bangunan gedung. Menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit energi Diknas : 2006).

Tabel 2.1 Nilai Standar Intensitas Konsumsi Energi Listrik di Indonesia (SNI 03-6196-2000).

No	Jenis Gedung	Standar IKE (kWh/m ² per tahun)
1.	Komersial (kantor)	240
2.	Pusat Perbelanjaan/Supermarket	330
3.	Apartemen, Hotel	300
4.	Rumah Sakit	380

Tabel 2.2 Kriteria Nilai Standar Intensitas Konsumsi Energi Listrik

No	Kriteria	IKE (kWh/m ² /tahun)
1.	Sangat Efisien	50,04 - 95,04
2.	Efisien	95,04 - 144,96
3.	Cukup Efisien	144,96 - 174,96
4.	Sedikit Boros	174,96 - 230,04
5.	Boros	230,04 – 285
6.	Sangat Boros	285 – 450

Tabel 2.3 Nilai Standar Intensitas Energi pada Gedung

No	Kriteria	Ruangan AC (kWh/m ² /per bulan)	Ruangan Non-AC (kWh/m ² /per bulan)
1.	Sangat Efisien	4,17 - 7,92	0,84 – 1,67
2.	Efisien	7,92 - 12,08	1,67 – 2,5
3.	Cukup Efisien	12,08 - 14,58	-
4.	Sedikit Boros	14,58 - 19,17	-
5.	Boros	19,17 - 23,75	2,5 – 3,34
6.	Sangat Boros	23,75 - 37,75	3,34 – 4,17

2.2.5 Peluang Hemat Energi (PHE)

Peluang hemat energi ini dapat dilakukan apabila nilai IKE dari hasil pengukuran yang melebihi dari nilai standar. Menurut PP No. 70 Tahun 2009, pada Pasal 12 tentang konservasi yang menjelaskan harus adanya penghematan energi, setelah menghitung pada metode audit energi rinci maka akan didapatkannya total pemakaian konsumsi gedung dengan rumus dari IKE, sehingga juga harus menghitung total luas area gedung yang kemudian rumus dari PHE adalah:

$$PHE = \Delta IKE \times \Delta Area \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

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

$\Delta Area$: luas ruangan (m²)

2.2.6 Peluang Hemat Biaya (PHB)

Peluang hemat biaya ini bisa ditentukan dari hasil penghitungan PHE sebelumnya dengan menyesuaikan tarif listrik per kWh. Untuk Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sendiri termasuk dalam golongan Sosial Industri dengan tarif per kWh sebesar Rp. 1035,78 . Untuk memperoleh hasil dari peluang hemat biaya dapat dilakukan dengan cara :

$$Peluang\ hemat\ biaya = PHE \times Tarif\ Listrik \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

PHE : Peluang Hemat Energi (kWh)

$Tarif\ listrik$: Rp. 1035,78/ kWh

Tarif dasar listrik salah satu komponen analisis biaya yang menjadi bahan pertimbangan saat menentukan jenis beban yang akan terpasang. Tarif dasar listrik di Indonesia sudah ditentukan sesuai dengan penggunaannya oleh konsumen. Yang sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 104 tahun 2013 yang menyebutkan bahwa penetapan tarif dasar listrik oleh PLN pada bulan Januari – Maret 2019 adalah sebagai berikut :



PT PLN (Persero)

Jalan Trunojoyo Blok M I/135 Kebayoran Baru – Jakarta 12160

Telepon : (021) 7261875, 7261122, 7262234

Facsimile : (021) 7221330

Website : www.pln.co.id

(021) 7251234, 7250550

**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
BULAN JANUARI - MARET 2019**

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 ****)	-
11.	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
12.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

- *) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.
- ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- ****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- *****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,82 (delapan puluh lima per seratus).
- K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat (1,4 ≤ K ≤ 2), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 2.1 Tarif Dasar Listrik

(Sumber: <http://obengplus.com/articles/4518/1/>)

2.2.7 Jenis-jenis penerangan buatan

Jenis-jenis lampu sendiri memiliki beberapa jenis dan fungsinya, berikut diantaranya :

2.2.7.1 Lampu Floresen

Lampu floresen atau lebih dikenal dengan istilah lampu TL, sudah dikembangkan sejak tahun 1980, lampu ini bekerja menggunakan gas flour untuk menghasilkan cahaya, dimana energi listrik akan membangkitkan gas di dalam tabung lampu sehingga akan timbul sinar ultraviolet. Sinar ultraviolet itu akan membangkitkan fosfor yang kemudian akan bercampur mineral lain yang telah dilaburkan pada sisi bagian dalam tabung lampu sehingga akan menimbulkan cahaya. Fosfor dirancang untuk meradiasi cahaya putih, sehingga sebagian besar model jenis lampu ini berwarna putih.

Penggunaan lampu florensen didasarkan pada kelebihan-kelebihannya, yaitu warna cahaya yang lebih menarik, efikasi yang tinggi dan umur yang panjang. Karena itu lampu florensen banyak digunakan untuk penerangan yang memerlukan ketiga aspek tersebut, misalnya toko, kantor, sekolah, industri, rumah sakit, atau bahkan untuk penerangan jalan kecil di perkampungan.

2.2.7.2 Lampu Light Emiting Diode (LED)

Sebuah LED adalah sejenis dioda semikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n junction. Pembawa muatan elektron dan lubang mengalir ke junction dari elektroda dengan voltase berbeda. Ketika elektron bertemu dengan lubang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepas energi dalam bentuk photon.

LED biru pertama yang dapat mencapai keterangan komersial menggunakan substrat galium nitrida yang ditemukan oleh Shuji Nakamura tahun 1993 sewaktu berkarir di Nichia Corporation di Jepang. LED ini kemudian populer di penghujung tahun 90-an. LED biru ini dapat dikombinasikan ke LED merah dan hijau yang telah ada sebelumnya untuk menciptakan cahaya putih.

LED dengan cahaya putih sekarang ini mayoritas dibuat dengan cara melapisi substrat galium nitrida (GaN) dengan fosfor kuning. Karena warna kuning merangsang penerima warna merah dan hijau di mata manusia, kombinasi antara warna kuning dari fosfor dan warna biru dari substrat akan memberikan kesan warna putih bagi mata manusia.

LED putih juga dapat dibuat dengan cara melapisi fosfor biru, merah dan hijau di substrat ultraviolet dekat yang lebih kurang sama dengan cara kerja lampu florensen. Metode terbaru untuk menciptakan cahaya putih dari LED adalah dengan tidak menggunakan fosfor sama sekali melainkan menggunakan substrat seng selenida yang dapat memancarkan cahaya biru dari area aktif dan cahaya kuning dari substrat itu sendiri.

2.2.8 Sistem tata udara pada bangunan gedung

Adanya standar pada sistem tata udara adalah untuk memberikan kenyamanan pada setiap penghuni yang beraktifitas pada suatu ruangan. Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, kondisi perencanaan gedung yang berada diwilayah dengan suhu rata-rata bulanan mencapai $28^{\circ}C$ WB ditetapkan bahwa :

a. Ruang kerja

Temperatur bola kering berkisar antara $24^{\circ}C$ hingga sampai $27^{\circ}C$ atau $25.5^{\circ}C \pm 1.5^{\circ}C$, dengan kelembapan relatif $60\% \pm 10\%$.

b. Ruang transit

Temperatur bola kering berkisar antara $27^{\circ}C$ hingga sampai $30^{\circ}C$ atau $28^{\circ}C \pm 1.5^{\circ}C$, dengan kelembapan relatif $60\% \pm 10\%$.

Perkiraan pemakaian energi sistem tata udara harus menggunakan perhitungan beban pendingin seluruh jam operasi dan karakteristik pemakaian daya peralatan yang aktual.

2.2.9 Pengukuran Satuan pada *Air Conditioner*

Pada Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 yang berisikan tentang Pemanfaatan Energi oleh pengguna sumber energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien. Untuk acuan yang digunakan mengenai konversi tata udara pada pembangunan gedung yaitu SNI 6390:2011. Teknik pengukuran pendingin berkaitan dengan konsep ilmu termodinamika dengan satuan yang menjadi dasar pengukuran adalah BTU (*British thermal unit*). Satuan BTU dapat didefinisikan sebagai jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan 1 pound air sebanyak 1 dalam tekanan 1 atmosphere.

Secara sederhana dengan mengabaikan pengaruh nilai alat yang lain maka menghitung kapasitas AC yaitu dengan cara mengalikan luas ruangan dengan nilai 500 (nilai koefisien) dengan satuan BTU. 9000 BTU sama besarnya dengan 1 PK yang sebesar 735,4 Watt.

2.2.10 *Time Value of Money*

Time Value of Money atau nilai waktu uang bisa dikatakan sangat penting karena nilai mata uang akan berubah di setiap tahunnya. Misalkan saja dalam pembayaran listrik tahun 2018 akan berbeda dengan pembayaran listrik 5 tahun kedepannya.

Berikut ini merupakan biaya tagihan listrik yang ditanggung di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta setiap tahunnya, di asumsikan suku bunga sebesar 1,02% yang didapatkan dari nilai rata-rata kenaikan tarif bayar listrik PLN dalam jangka kurun waktu 5 tahun terakhir dengan tarif listrik per kWh tetap sama yaitu Rp. 1035,78. Untuk rumusnya sendiri dijabarkan sebagai berikut:

$$F = P(1 + i)^n \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

F = Future (Masa depan)

P = Present (Saat ini)

i = Suku Bunga

n = Tahun

2.2.11 Penghematan Energi

Penghematan energi merupakan suatu usulan pada sistem pemanfaatan energi untuk mengurangi jumlah energi yang dipakai oleh konsumen. Untuk melakukan penghematan energi bisa dilakukan dengan menggunakan produk yang lebih hemat daya. Untuk rumusnya sendiri dijabarkan sebagai berikut:

Penghematan Energi = Penggunaan energi yang ada – Energi usulan (6)

Dengan sudah dilakukannya efisiensi energi listrik, maka akan didapatkannya *bill saving* dari hasil efisiensi energi listrik tersebut. Untuk mendapatkan hasil dari *bill saving* yaitu efisien energi listrik dikalikan dengan harga energi listrik per Kwh. Untuk rumusnya sendiri dijabarkan sebagai berikut:

Bill Saving = Efisiensi Energi Listrik x Biaya Listrik per Kwh (7)

Bill saving yang dihasilkan sendiri bisa digunakan untuk melakukan pergantian suatu produk yang lama dengan produk yang baru dengan yang lebih, Sebelum mencari payback period harus dicari incremental cost terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut :

Incremental Cost = (Biaya Pembelian AC inverter.....)(8)

+ Pembelian Lampu LED) – Penjualan AC konvensional bekas

Lamanya anggaran dari hasil *bill saving* tersebut untuk memenuhi pembelian produk baru bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{payback period} = \frac{\text{incremental cost}}{\text{annual bill saving}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

Payback periode : Waktu Pengembalian

Incremental cost : Biaya Tambahan

Annual Bill Saving : Hemat Biaya Tahunan