

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Energi Listrik dan Daya

Energi Listrik adalah energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron, dinyatakan dalam Watt/jam atau kilo Watt/jam (Pujanarsa & Nursuhud, 2012). Daya listrik merupakan perkalian antara tegangan yang di suplai dengan arus yang mengalir dan factor daya peralatan, dengan persamaan rumus 2.1 :

$$P = V \times I \times \cos \theta \text{ [Watt]} \quad 2.1$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor Daya

Semakin lama waktu operasi, maka energi yang digunakanpun semakin banyak, yang dinyatakan dengan persamaan rumus 2.2 :

$$W = \frac{P \times t}{1000} \text{ [kWh]} \quad 2.2$$

Dimana :

W = Energi Listrik (kWh)

P = Daya Listrik (Watt)

t = satuan Waktu (Hour)

1.2 Manajemen Energi

Menurut pada Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi, manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisir pemanfaatan energi termasuk energi untuk proses produksi dan meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung.

1.3 Konservasi Energi

Konservasi Energi ini merupakan upaya yang dilakukan dengan tujuan untuk melestarikan sumber daya energi dan meningkatkan efisiensi, efektifitas, optimasi dan rasional dalam pemanfaatannya. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi yang lebih sedikit.

1.4 Peluang Penghematan Energi

Peluang Penghematan Energi (PPE) dapat diketahui dari hasil perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dengan dibandingkan nilai standar IKE yang telah di tetapkan. Jika nilai IKE hasil perhitungan lebih rendah maka dapat dikatakan konsumsi energi dalam batas normal. Proses penghematan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Menggunakan sumber energi alternatif yang lebih efisien dan murah

2. Memperbaiki kinerja peralatan dan mengurangi penggunaan peralatan listrik (daya dan waktu operasi)
3. Menggunakan peralatan listrik yang hemat energi.

Target penghematan ini sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 di gedung pemerintahan.

1.5 Intensitas Konsumsi Energi

Salah satu tahapan dalam pelaksanaan audit energi adalah perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Intensitas Konsumsi Energi merupakan pembagi antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung. Untuk dapat menghitung nilai intensitas konsumsi energi pada bangunan gedung, maka digunakan rumus 2.3 :

$$\text{IKE} = \frac{(kWh)}{(m^2)} \qquad 2.3$$

Dimana :

kWh = nilai pemakaian energi listrik

m² = Total luas bangunan

Nilai IKE dalam proses audit energi ini digunakan sebagai nilai acuan untuk mengetahui potensi efisiensi energi yang mungkin diterapkan pada bangunan. Berikut merupakan acuan nilai IKE pada bangunan gedung yang ber-AC seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kriteria standar nilai IKE pada gedung ber-AC (Departemen Pendidikan Nasional RI, Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasan di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional, 2006)

Kriteria	IKE (kWh/m²/bulan
Sangat boros	23,75 – 37,5
Boros	19,2 – 23,75
Agak boros	14,58 – 19,2
Cukup efisien	12,08 – 14,58
Efisien	7,93 – 12,08
Sangat efisien	4,17 – 7,93

1.6 Audit Energi

Audit Energi adalah sebuah pengujian dan analisa bagaimana sebuah perusahaan menggunakan energi sesuai dengan aturan dan konversi energi dalam pemakaian, investigasi dan manajemen audit energi (Kumar, 2015). Adapun tujuan dari audit energi adalah :

1. Memperoleh gambaran pola penggunaan energi.
2. Memperoleh gambaran fluktuasi penggunaan energi.
3. Memperoleh gambaran efisiensi energi.
4. Memperoleh gambaran Intensitas Konsumsi Energi (IKE).
5. Mengidentifikasi masalah pada beban yang menyebabkan pemborosan.
6. Menyusun langkah peluang penghematan energi.

1.6.1 Jenis Audit Energi

Audit energi ini dikategorikan dari 3 jenis, adapun jenis-jenis audit energi sebagai berikut :

a. Audit Energi Singkat

Audit energi singkat ini merupakan teknik audit yang dilakukan dengan fokus pada perawatan dan penghematan yang tidak terlalu memerlukan biaya investasi yang begitu besar. Tahap kegiatan pada proses audit ini yaitu melalui pengumpulan data historis konsumsi energi, luas bangunan, daya terpasang, dan observasi lapangan.

b. Audit Energi Awal

Audit energi awal merupakan audit yang dilakukan hanya pada beban-beban tertentu. Teknik audit ini meliputi identifikasi mesin, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi dan beberapa usulan. Tahapan yang dilakukan pada audit energi awal yaitu :

1. Mengidentifikasi penggunaan energi pada beban yang akan di audit serta kelengkapannya.
2. Melakukan penghitungan intensitas konsumsi energi.
3. Melakukan identifikasi terhadap jumlah dan biaya energi yang digunakan berdasarkan jenis energi dan gedung.

c. Audit Energi Rinci

Audit energi rinci merupakan audit yang dilakukan menyeluruh terhadap seluruh aspek yang menggunakan sumber energi listrik beserta semua

kemungkinan peluang penghematan yang dapat dilakukan. Audit energi rinci ini biasanya dilakukan oleh lembaga auditor yang professional dalam jangka waktu tertentu. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam audit energi rinci ini, diantaranya :

- a. Melakukan perencanaan.
- b. Melakukan pengumpulan data awal.
- c. Melakukan uji data beban yang terpasang.
- d. Melakukan analisa pada data yang sudah terkumpul.
- e. Melakukan identifikasi yang berkaitan dengan operasi peralatan, pemeliharaan untuk meberikan rekomendasi agar dapat mengefisiensikan energi yang digunakan.
- f. Membuat laporan yang berisikan kesimpulan terhadap analisa yang telah dilakukan dan memberikan peluang penghematan energi sesuai data yang telah di dapat di lapangan.

1.7 Peraturan Menteri ESDM Tentang Audit Energi

Pemerintah sendiri telah menetapkan peraturan dan acuan dasar mengenai audit energi yang tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM No.13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik. Dalam peraturan ini dibahas mengenai bagaimana cara melakukan audit energi terkhusus pada energi listrik. Selain itu ada pula Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi. Dalam peraturan ini dibahas mengenai tata cara pelaksanaan penghematan energi.

1.8 ISO 50001

ISO 50001 merupakan standar internasional yang mengatur tentang manajemen energi untuk mengurangi konsumsi energi dan mencari peluang penghematan energi dalam pemakaian energi yang berkelanjutan. Di Indonesia, Badan Standarisasi Nasional mengadopsi standar tersebut menjadi SNI ISO 50001 Sistem Manajemen Energi. SNI ISO 50001 ini menggunakan konsep dalam manajemen energi dengan PDCA (Plan, Do, Check, dan Action) yang biasa dilakukan ketika melakukan audit energi. Disamping itu, pemerintah Indonesia sendiri mendukung konsep manajemen energi ini dengan dikeluarkannya Peraturan Menteri ESDM No. 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi.

1.9 State of The Art (Penelitian Terkait)

Tabel 2.2 State of The Art (Penelitian Terkait)

No	Judul	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
1.	Mengurangi Konsumsi Energi Dengan Audit dan Manajemen Energi pada Ruang Kendali (Studi Kasus di PT PWI) (Gunawan, 2018)	Wawan Gunawan	2018	Pada Penelitian ini didapat hasil bahwa pada ruang kendali PT. PWI tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan, maka untuk mencapai hasil yang maksimal di berikan beberapa saran untuk menggantikan

				<p>beberapa komponen seperti refrigerant pada AC dari bahan Freon R22 diganti dengan bahan hidrokarbon MC-22. Dengan ini maka penghematan yang dapat didapat yaitu sebesar 64.42%.</p>
2.	<p>Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten. (Biantoro, Permana, 2017)</p>	<p>Agung Wahyudi Biantoro, Dadang S. Permana</p>	2017	<p>Hasil dari penelitian ini yaitu nilai IKE pada Gedung AB Kabupaten Tangerang Banten adalah 48.33 kWh/m²/tahun, dan masuk kedalam kategori yang sangat efisien. Hal ini dikarenakan sebagian besar ruangan di gedung ini menggunakan ventilasi alami dibandingkan dengan AC, selain itu juga beberapa intensitas cahaya yang digunakan kurang dari standar yang</p>

				<p>ditentukan. Akan tetapi kondisi kurangnya pencahayaan ini dapat mengakibatkan ketidaknyamanan kerja karyawan. Maka saran yang di berikan ialah mengganti lampu yang intensitas cahaya kurang dengan menggunakan lampu sesuai standar.</p>
3.	<p>Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Pencahayaan dan Air Conditioning di Gedung Graha Mustika Ratu (Riyadi, 2017)</p>	Seno Riyadi	2017	<p>Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka didapat hasil yaitu nilai IKE pada gedung utama Graha Mustika Ratu sebesar 18.5 kWh/m²/bulan, yang berarti masuk dalam kategori boros. Beberapa peluang penghematan energi yang dapat dilakukan diantaranya yaitu, mengurangi jam</p>

				operasional penggunaan AC, mengganti jenis lampu dengan jenis LED, dan pembaharuan sistem pengkondisian udara yang sudah tua dengan sistem pengkondisian udara yang hemat energi.
4.	Studi Analisis Konsumsi dan Penghematan Energi di PT. P.G. Krebet Baru I (Raharjo, 2014)	Budi Agung Raharjo	2014	Berdasarkan hasil penelitian pada P.T P.G. Krebet Baru I maka didapatkan hasil yaitu nilai IKE sebesar 3.34 kWh/m ² /bulan pada beban lampu dan dikategorikan boros. Sedangkan IKE pada beban AC adalah 314.3 kWh/m ² /bulan pada panel ASEA dan 97.73 kWh/m ² /bulan pada panel boiler dan termasuk kedalam kategori sangat boros. Beberapa peluang penghematan energi yang

				<p>dapat dilakukan yaitu, menambah penggunaan frequency inverter pada motor-motor yang melayani beban yang berubah-ubah dapat menghemat konsumsi energi beban listrik, menggunakan lampu hemat energi dan ballast elektronik, melakukan penggantian AC dengan menggunakan AC hemat energi berteknologi inverter untuk panel boiler dan ASEA.</p>
5.	<p>Optimasi dan Manajemen Energi Kelistrikan di Gedung City of Tomorrow (Wafi, 2012)</p>	<p>Dendy Yumnun Wafi</p>	2012	<p>Setelah dilaksanakan optimasi dan manajemen energi pada sistem kelistrikan mall City of Tomorrow maka didapat hasil yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penghematan Tanpa Biaya

				<p>Dilakukan perubahan jadwal penyalaan sistem chiller selama operasional sehingga penghematan energi yang didapat yaitu 12.557,40 kWh/Bulan</p> <p>2. Penghematan Biaya Sedang</p> <p>Pada tahap ini maka di berikan opsi yaitu dengan mengganti lampu penerangan dengan lampu hemat energi yang lebih rendah sehingga didapat penghematan energi sebesar 37.290,24 kWh/bulan dengan BEP yang terjadi setelah 3 tahun.</p> <p>3. Penghematan Biaya Besar</p> <p>Dilakukan dengan cara</p>
--	--	--	--	--

				<p>penambahan komponen variable speed drive pada semua unit AHU yang terpasang sehingga penghematan energi yang didapat sebesar 93.600,48 kWh/bulan.</p>
6.	<p>Audit Energi Gedung Universitas Sam Ratulangi Manado (Djamaludin, 2018)</p>	<p>Fikri P. Djamaludin</p>	<p>2018</p>	<p>Setelah dilaksanakan audit energi pada gedung rektorat Universitas Sam Ratulangi, maka didapatkan hasil yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pencahayaan yang digunakan pada gedung rektorat rata-rata tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan, namun beberapa ruangan ada yang memanfaatkan cahaya matahari

				<p>sebagai penerangan tambahan.</p> <p>2. Berdasarkan nilai IKE yang telah dilakukan, didapat hasil yaitu rata-rata setiap ruangan masuk dalam kategori sangat efisien dan efisien.</p>
7.	<p>Audit Energi Untuk Efisiensi Listrik di Gedung B Universitas Dian Nuswantoro Semarang (Trimunandar, 2016)</p>	<p>Catur Trimunandar</p>	2016	<p>Dalam penelitian ini setelah menghitung nilai IKE menunjukkan bahwa pada gedung B Universitas Dian Nuswantoro masih belum memenuhi standar IKE yang telah ditetapkan, khususnya pada penggunaan beban AC yang memakan daya sebesar 23,10 kWh / m² dengan perbandingan standarnya yaitu 12,08 kWh / m². Maka dari itu</p>

				<p>diberikan beberapa rekomendasi untuk mencapai peluang penghematan energi diantaranya dengan mengganti lampu terpasang dengan lampu LED dan akan didapat penghematan sebesar 766,26 kWh/bulan, kemudian dengan cara mematikan AC ketika jam istirahat untuk mendapatkan penghematan sebesar 8635,2 kWh. Dengan demikian maka penggunaan energi listrik dapat menjadi lebih hemat dan efisien.</p>
8.	<p>Audit Energi pada Gedung Departmen Teknik Arsitektur dan Perencanaan FT UGM (Widiastuti, 2017)</p>	<p>Avrin Nur Widiastuti</p>	2017	<p>Penelitian ini ditujukan untuk dapat melaksanakan usaha efisiensi energi dengan konsep <i>green building</i>. Berdasarkan</p>

				<p>hasil penelitian ini maka didapatkan hasil bahwa Gedung Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan FT UGM termasuk dalam kriteria yang sangat efisien menurut standar. Secara umum, ruangan yang ada pada gedung tersebut memiliki tingkat pencahayaan yang terukur sesuai standar SNI.</p>
9.	<p>Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Rumah Tangga (Purbaningrum, 2014)</p>	<p>Sanurya Putri Purbaningrum</p>	2014	<p>Setelah dilakukan penelitian IKE, maka didapat hasil perhitungan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Konsumsi rata-rata pada penggunaan daya 450 VA adalah sebesar 73.117 kWh/bulan, daya 900 VA sebesar 124.409

				<p>kWh/bulan, daya 1300 VA sebesar 257.068 kWh/Bulan.</p> <p>2. Peluang konsumsi energi listrik yang dapat dihemat pada rumah tangga adalah sebesar 65,4% setiap bulan.</p>
10.	<p>Audit Energi Untuk Pencapaian Penghematan Penggunaan Energi Listrik di PT. Graha Sarana Duta II Denpasar (Ginting, 2022)</p>	<p>Sylvi Oktavia Ginting</p>	<p>2022</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada gedung di PT. Graha Sarana Duta II Denpasar, maka didapat hasil sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai IKE yang hitung yaitu sebesar 245,22 kWh/m²/tahun dan termasuk kedalam kategori boros. 2. Penulis memberikan saran

				<p>peluang penghematan energi yaitu dengan cara mengganti lampu yang tepasang dengan lampu hemat energi, dan juga pada sistem pengkondisian udara yaitu dengan cara mematikan AC ketika sedang tidak digunakan.</p> <p>3. IKE pasca audit yang didapatkan setelah dilakukan analisis pada sistem pencahayaan dan sistem pengkondisian udara yaitu sebesar 18,1 kWh/m²/bulan</p>
--	--	--	--	--

				dengan penghematan sebesar 11,4 % 4. Total biaya yang akan dihematkan setelah melakukan audit energi yaitu sebesar Rp. 3.170.394,00 setiap bulannya.
--	--	--	--	---

Dari beberapa penelitian terkait diatas, maka pada penelitian ini saya akan menggunakan konsep dasar penghematan energi yang telah diatur dalam peraturan menteri ESDM No. 14 dan 13 Tahun 2012 dan standar internasional yaitu ISO 50001.

