

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Dasar Hukum

Dasar hukum atau kebijakan pemerintah merupakan bagian dari kekuatan daya dukung untuk mencapai keberhasilan konservasi di Indonesia. Hal ini disadari benar oleh pemerintah karena dalam implementasi kebijakan efisiensi energi dalam pelaksanaannya akan melibatkan banyak pihak mulai dari tingkat kementerian, kelembagaan Negara, pemerintah daerah, perguruan tinggi, BUMN, perusahaan hingga lapisan masyarakat. Oleh karena itu seluruh instansi harus dilibatkan dan diikat dalam bentuk kebijakan pemerintah agar konservasi energi ini dapat terlaksana dengan baik dan tepat.

Pelaksanaan konservasi energi harus dilakukan secepatnya. Sebelum konservasi energi ini dilaksanakan maka langkah awal yang perlu dilakukan adalah melaksanakan audit energi sehingga dapat diketahui mengenai kebutuhan dan penggunaan energi secara menyeluruh dalam bangunan gedung. Dalam pelaksanaan audit maka diperlukan beberapa standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah agar terciptanya konservasi energi di gedung pemerintah. Berikut adalah dasar hukum pelaksanaan audit energi yang digunakan dalam penelitian ini. Standar yang digunakan dalam pelaksanaan audit energi di Indonesia adalah Undang-undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan gedung, Undang-undang Republik Indonesia No. 30 Tahun 2007 Tentang Energi, Peraturan Pelaksanaan UU No. 28 tahun 2002 tentang bangunan gedung, Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2007 Tentang Konservasi Energi, Peraturan

Menteri ESDM No.13 Tahun 2012 Tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik, dan di tingkat Provinsi Pemerintah DKI Jakarta telah memiliki Peraturan Daerah No. 7 tahun 2010 tentang bangunan gedung hingga mengeluarkan Peraturan Gubernur Propinsi DKI Jakarta No. 38 tahun 2012 Tentang Bangunan Gedung Hijau dan dan Peraturan Gubernur Propinsi DKI Jakarta No. 156 tahun 2012 tentang penghematan energi dan air.

2.2 Audit Energi Bangunan Gedung

Audit energi dapat berarti hal yang berbeda untuk individu yang berbeda. Ruang lingkup audit energi, kompleksitas perhitungan, dan tingkat evaluasi ekonomi adalah semua masalah yang mungkin ditangani secara berbeda oleh masing-masing auditor individu dan harus didefinisikan sebelum memulai kegiatan audit apapun. Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai proses penentuan jenis dan biaya penggunaan energi di gedung, mengevaluasi mana membangun atau tanaman menggunakan energi, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi yang terdapat hubungan langsung dengan biaya audit berapa banyak data akan dikumpulkan dan dianalisis, dan identifikasi jumlah peluang untuk di konservasi. Dengan demikian, perbedaan pertama yang dilakukan adalah antara biaya audit yang menentukan jenis audit yang akan dilakukan. Kedua perbedaan itu dibuat antara jenis fasilitas. Misalnya, Audit bangunan dapat meliputi selubung bangunan, penerangan, pemanasan, dan kebutuhan ventilasi[3, p. 1]

2.2.1 Jenis Audit Energi

Sebelum memulai audit energi, akan sangat membantu untuk memiliki beberapa ide lingkup proyek dan tingkat upaya yang diperlukan untuk memenuhi harapan. Ada empat tipe dasar atau tingkat audit energi, apapun yang mungkin memenuhi kebutuhan Anda. Tingkat Audit dasar, dalam rangka peningkatan kompleksitas adalah:

1. Tipe 0-*The Benchmarking Audit*

Audit ini termasuk melakukan analisis awal rinci penggunaan energi dan biaya, dan menentukan indeks acuan seperti Btu per persegi per tahun dan biaya energi per dolar persegi per tahun, berdasarkan pada rekening listrik

2. Tipe I-*Walk-through Audit*

Audit energi singkat, seperti namanya adalah fasilitas untuk memeriksa secara visual setiap energi yang menggunakan energi. Tipe ini biasanya termasuk evaluasi data konsumsi energi untuk menganalisis penggunaan jumlah energi dan pola serta memberikan perbandingan dengan rata-rata energi atau tolok ukur untuk fasilitas serupa. Tipe ini adalah audit paling mahal tapi dapat menghasilkan perkiraan awal potensi penghematan dan menyediakan daftar murah peluang penghematan melalui peningkatan operasional dan praktek pemeliharaan. Tingkat satu Audit juga merupakan kesempatan untuk mengumpulkan informasi untuk audit yang lebih rinci yang digunakan untuk menjamin lingkup diperluasnya kegiatan audit.

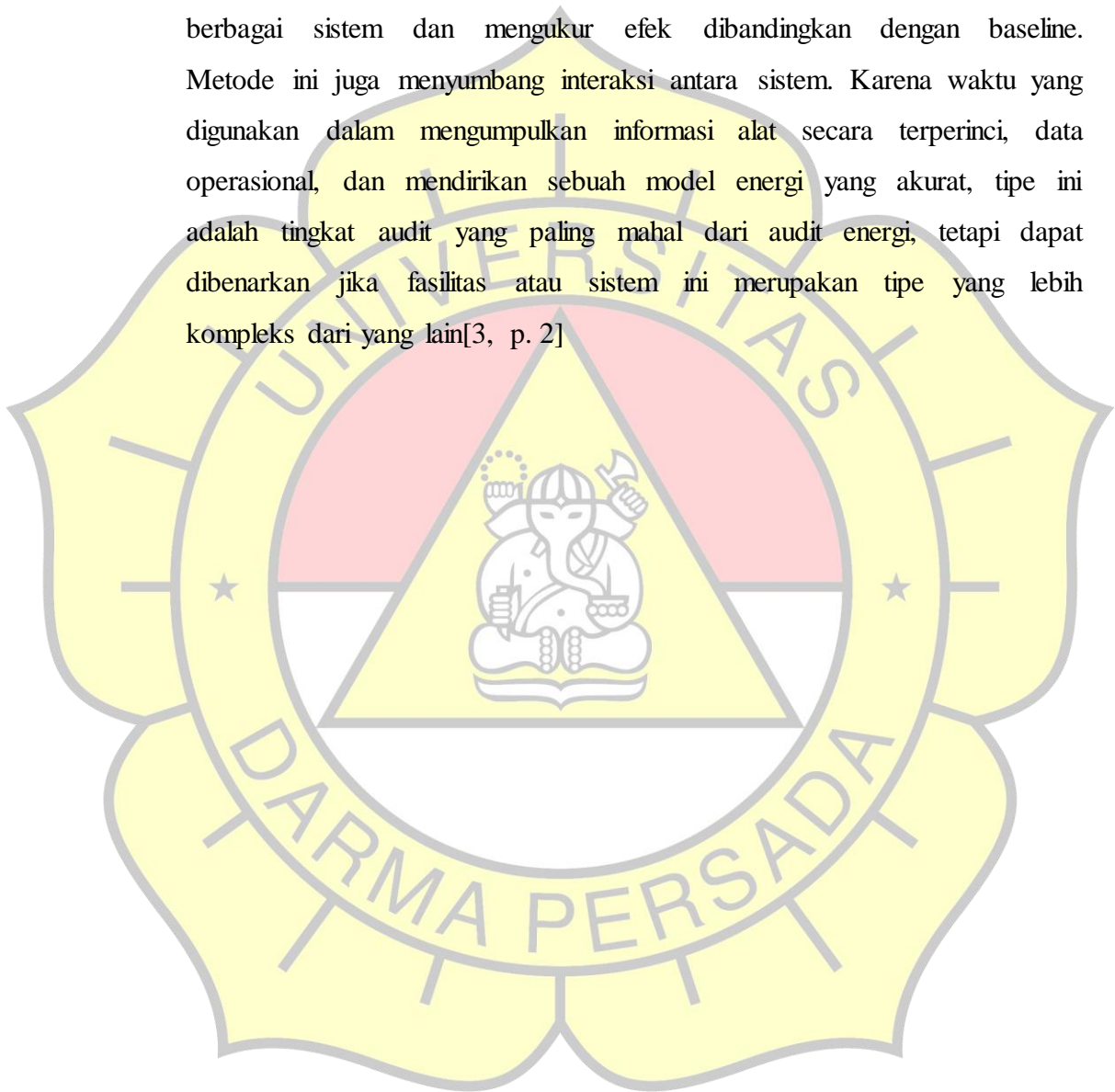
3. Tipe II-*Energy Audit*

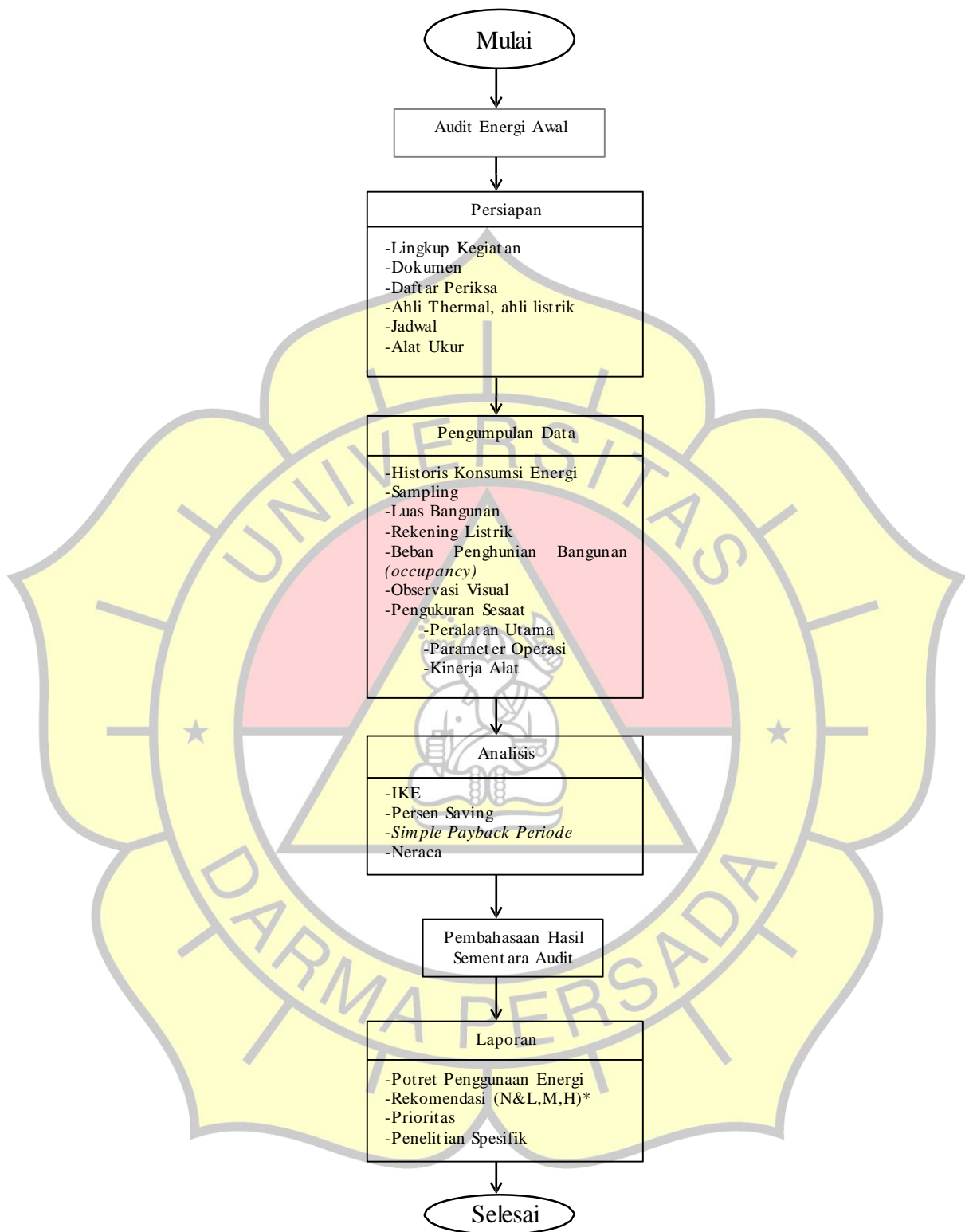
Audit energi berlangsung untuk mengukur penggunaan dan kerugian energi melalui review yang lebih rinci dan analisis peralatan, energi, dan karakteristik operasional. Analisis ini juga dapat mencakup beberapa di tempat pengukuran dan pengujian untuk mengukur penggunaan energi dan efisiensi dari berbagai energi. Perhitungan teknik energi yang digunakan untuk menganalisis efisiensi dan menghitung energi dan biaya penghematan berdasarkan perbaikan dan perubahan untuk setiap energi. Audit energi juga akan mencakup analisis ekonomi tindakan konservasi yang direkomendasikan.

4. Tipe III- *Simulasi Komputer*

Tingkat tiga Audit akan mencakup lebih detail dari penggunaan energi oleh fungsi dan evaluasi yang lebih komprehensif dari pola penggunaan energi. Tipe ini dicapai melalui penggunaan perangkat lunak simulasi energi. Auditor akan mengembangkan simulasi energi dari energi bangunan yang akan digunakan untuk cuaca dan energi lain dan

memprediksi penggunaan energi sepanjang tahun. Tujuan auditor adalah untuk membangun dasar sebagai perbandingan yang konsisten dengan fasilitas konsumsi energi secara konsisten. Setelah dasar ini dibangun, maka auditor akan membuat perubahan untuk meningkatkan efisiensi berbagai sistem dan mengukur efek dibandingkan dengan baseline. Metode ini juga menyumbang interaksi antara sistem. Karena waktu yang digunakan dalam mengumpulkan informasi alat secara terperinci, data operasional, dan mendirikan sebuah model energi yang akurat, tipe ini adalah tingkat audit yang paling mahal dari audit energi, tetapi dapat dibenarkan jika fasilitas atau sistem ini merupakan tipe yang lebih kompleks dari yang lain[3, p. 2]





*) N&L,M,H : No & Low Cost, Medium Cost, High Cost

Gambar 2.1 Prosedur audit energi awal pada bangunan gedung

2.2.2 Audit Sistem Penerangan dan Pendingin

Konsumsi listrik di sebagian besar fasilitas komersial dapat dengan mudah mencapai 50 sampai 75% dari total biaya pemakaian. Karena itu, Perhatian khusus harus difokuskan untuk mengevaluasi konsumsi listrik peralatan dan fasilitas energi dalam. energi listrik dan biaya disimpan dengan mengelola beban permintaan, mengurangi jam pemakaian, meningkatkan efisiensi peralatan, dan mempertahankan distribusi energi. Sebuah pengetahuan mendalam tentang bagaimana listrik digunakan di fasilitas dapat berharga untuk audit energi listrik. Evaluasi harus mencakup profil permintaan listrik untuk bangunan. Minimal, beberapa minggu data dalam interval 15 menit harus diambil dengan meteran rekaman. Pengukuran mungkin harus diambil baik di musim dingin atau panas. Data pemakaian listrik juga harus tersedia. Selain itu, banyak energi yang memiliki kemampuan merekam permintaan yang dapat digunakan untuk analisis interval [3, p. 159]

2.2.2.1 Sistem Audit Penerangan

Pencahayaan merupakan sebagian besar energi listrik yang dikonsumsi di dalam gedung. Energi disimpan dalam energi pencahayaan dengan mengurangi tingkat pencahayaan, meningkatkan efisiensi energi pencahayaan, membatasi jam operasi, dan dengan mengambil keuntungan dari pencahayaan yang tersedia. Untuk melakukan audit pencahayaan, langkah-langkah berikut ini diperlukan.

A. Menilai apa yang Anda miliki:

- ✓ Klasifikasi Kamar : kantor, gudang, penyimpanan, dll
- ✓ Karakteristik Kamar : tinggi, lebar, panjang, warna dan kondisi dari permukaan.
- ✓ Karakteristik Jenis Fixture : lampu, jumlah perlengkapan, kondisi lampu, metode pengendalian, tinggi pemasangan, ballast dan watt lampu.

B. Evaluasi Tingkat Pencahayaan dan Kualitas Pencahayaan

- ✓ Kaki Ukur : lilin yang menggunakan cahaya meteran.
- ✓ Jenis Pencahayaan dan tata letak di ruangan atau area.

- ✓ Periksa tingkat silau berlebihan dan kontras.
- ✓ Bicara kepada pengguna tentang tingkat pencahayaan, energi, dan kualitas.

C. Perkiraan Konsumsi Listrik

- ✓ Hitung Jumlah Watts ($\text{watt} / \text{perlengkapan} \times @\text{perlengkapan} / 1000 =$ dalam kW)
- ✓ Hitung Kekuatan Densiti ($\text{kW} \times 1000 / \text{persegi} = \text{watt} / \text{persegi}$)
- ✓ Bandingkan Kekuatan Density dengan Kode Pedoman Desain
- ✓ Perkiraan Penggunaan Jam Tahunan
- ✓ Perkiraan Biaya Energi Pencahayaan Tahunan ($\text{dalam kW} \times \text{tahunan jam} \times \$ / \text{kWh} = \$ / \text{tahun}$)

D. Hitung Penghematan Energi

- ✓ Menentukan jumlah kW baru setelah retrofit.
- ✓ Tentukan perubahan jam operasional tahunan jika control pencahayaan berubah.
- ✓ Hitung penghematan energi ($\text{kW sebelum} - \text{kW setelah}$) \times jam Operasi = kWh
- ✓ Penghematan biaya energi Hitung ($\text{kWh} \times \$ / \text{kWh} = \text{biaya tahunan}$)

1. Efisiensi Pencahayaan

Terbatasnya penggunaan jenis efisien bola lampu pijar untuk upaya meningkatkan efisiensi lampu pijar menyebabkan pembuatan sejumlah lampu pijar hemat energi yang digunakan di rumah terbatas.

➤ Tungsten Halogen

Lampu ini bervariasi dari pijar energi dengan penambahan gas halogen untuk bohlam. Gas halogen menjaga bola kaca dari gelap dengan mencegah penguapan energi ini, sehingga meningkatkan hidup hingga empat kali dari bohlam energi. Pencahayaan per wattnya kira-kira sama dengan dua jenis lampu pijar, tapi lampu tungsten halogen memiliki efisiensi rata-rata mencapai 94%, yang menawarkan penghematan energi

dan biaya operasi yang signifikan. Namun, lampu halogen tungsten memerlukan perlengkapan khusus, dan selama operasi permukaan bola mencapai suhu yang sangat tinggi, sehingga mereka tidak umum digunakan di rumah.

➤ **Reflektor atau Lampu-R**

Lampu reflektor yang pijar dengan lapisan interior aluminium yang mengarahkan cahaya ke depan bohlam. Lampu pijar tertentu, seperti perangkat cahaya di dalam. Lampu reflektor proyek kerucut langsung mengarah ke perlengkapan dan ke kamar, sehingga lebih banyak cahaya disampaikan ke tempat yang membutuhkan. Dalam 50-watt reflektor lampu akan memberikan pencahayaan yang lebih baik dan menggunakan lebih sedikit energi ketika diganti untuk 100-watt energi lampu pijar. Lampu reflektor adalah pilihan yang tepat untuk penerangan langsung (karena mereka langsung menerangi area kerja) dan untuk penerangan aksen. Reflektor lampu yang tersedia adalah 25, 30, 50, 75, dan 150 watt. Sementara lampu tersebut memiliki efisiensi awal yang lebih rendah (pencahayaan per watt) daripada lampu pijar biasa, Lampu-R mengarahkan cahaya lebih efektif, sehingga lebih banyak cahaya sebenarnya disampaikan daripada dengan lampu pijar biasa.

➤ **Lampu PAR**

Lampu Parabolic Reflektor Aluminized (PAR) adalah lampu reflektor dengan lensa berat, kaca tahan lama, yang membuat lampu ini menjadi pilihan yang tepat pada ruang terbuka dan pencahayaan satu titik. Lampu ini tersedia dalam 75, 150, dan 250 watt. Mereka memiliki daya tahan lebih lama dengan kurang penyusutan dari lampu pijar biasa.

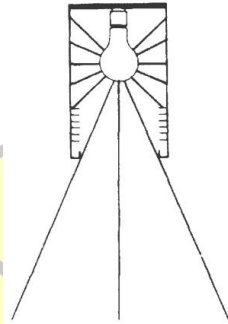
➤ **Lampu ER**

Lampu Reflektor Elipsoid (ER) yang cocok untuk daerah yang tersembunyi, karena sinar cahaya yang dihasilkan difokuskan dua inci ke depan, lampu ini digunakan untuk mengurangi jumlah cahaya yang

terperangkap dalam fixture. Lampu 75-watt elips reflektor memberikan lebih banyak cahaya dari 150 watt R-lampu.

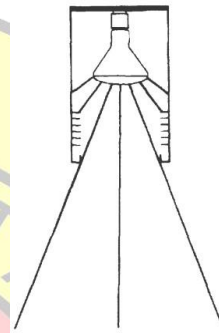
➤ **Perbandingan Lampu Bola Pijar**

Gambar 2.2 Lampu Pijar



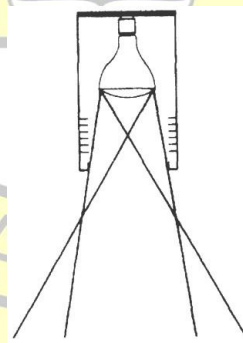
Energi pijar Persentase yang tinggi output cahaya terperangkap di ruangan

Gambar 2.3 Lampu R



R-Lamp aluminium coating mengarahkan cahaya dari fixture

Gambar 2.4 Lampu ER



ER Lamp balok difokuskan 2 inci mendekati lampu. Sehingga sangat sedikit cahaya yang terperangkap dalam fixture[3, p. 177]

Tabel 2.1 Karakteristik Lampu

Tipe Lampu (Total Daya Input)*	Daya Lampu	Cahaya Keluar	Lampu Hidup	Keberhasilan
	<u>W</u>	<u>(Lumen)</u>	<u>(Jam)</u>	<u>(lumen/W)</u>
100 W (Pijar)	100	1750	750	18
75 W (Pijar)	75	1200	750	16
60 W (Pijar)	60	890	100	15
40 W (Pijar)	40	480	1500	12
25 W (Pijar)	25	238	2500	10
22 W (Fl. Circline)	18	870	9000	40
44 W (Fl. Circline)	36	1750	9000	40
7 W (Kembar)	5	240	10000	34
10 W (Kembar)	7	370	10000	38
13 W (Kembar)	9	560	10000	43
19 W (Kembar)	13	850	10000	45
18 W (Slide-State)**	(-)	1100	7500	61

* Termasuk kerugian balas.

**Dioperasikan pada frekuensi tinggi.

Sumber : Handbook of Energi Audits (9th Edition) | Thumann, Albert

2.2.2.2 Sistem Audit Pendingin

1. Audit Suhu

Audit suhu harus mencakup hal sebagai sebagai berikut:

- a. Tentukan pengaturan suhu ruangan untuk setiap ruang dan musim.
- b. Menentukan ruang yang kosong.
- c. Periksa apakah suhu melebihi "Rekomendasi Suhu Energi,".
- d. Mengatur ulang termostat manual, jam atau menyesuaikan kontrol penyesuaian AC.

Tabel 2.2 Energi suhu dalam ruangan

	A Dry Bulb °F occupied hours maximum	B Dry Bulb °F occupied hours (set-back)		
1. OFFICE BUILDINGS, RESIDENCIES, SCHOOLS				
Offices, school rooms, residential spaces	68°	55°		
Corridors	62°	52°		
Dead Storage Closets	50°	50°		
Cafeterias	68°	50°		
Mechanical Equipment Rooms	55°	50°		
Occupied Storage Areas, Gymnasiums	55°	50°		
Auditoriums	68°	50°		
Computer Rooms	65°	As required		
Lobbies	65°	50°		
Doctor Offices	68°	58°		
Toilet Rooms	65°	55°		
Garages	Do not heat	Do not heat		
2. RETAIL STORES				
Department Stores	65°	55°		
Supermarkets	60°	50°		
Drug Stores	65°	55°		
Meat Markets	60°	50°		
Apparel (except dressing rms)	65°	55°		
Jewelry, Hardware, etc.	65°	55°		
Warehouses	55°	50°		
Docks and platforms	Do not heat	Do not heat		
3. RELIGIOUS BUILDINGS				
Meeting Rooms	68°	55°	24 Hrs or less	24 Hrs
Halls of Worship	65°	550		500
All other spaces	As noted for office buildings	500		400

Sumber: Guidelines For Saving Energi in Existing Buildings-Building Owners and Operators Manual, ECM, Handbook of Energi Audits (9th Edition) | Thumann, Albert

Pertimbangan lainnya dalam pengaturan ulang suhu selama ditempati meliputi:

- a. Dalam ruang yang digunakan untuk penyimpanan dan sebagian besar kosong, peralatan adalah pertimbangan utama.

- b. mempertimbangkan untuk menjaga suhu sekitar 55° F di musim hujan.[3, p. 222]

2. Audit Kelembapan

Standart kelembapan (*humidity*) dapat dicapai dengan menguapkan air melalui ventilasi udara kering. Sekitar 1000 Btus diperlukan untuk menguapkan setiap pon air. Untuk menghemat energi, energi humidifikasi tidak boleh digunakan selama jam-jam kosong. Mayoritas sistem yang digunakan untuk mempertahankan kenyamanan dan kesehatan penghuni, mencegah retak kayu dan untuk mempertahankan bahan. Energi yang disarankan untuk kelembapan relative adalah 20% untuk semua ruangan yang digunakan lebih dari empat jam per hari[3, p. 228].

2.2.3 Standar Audit Energi di Indonesia

Badan Standardisasi Nasional melalui surat keputusan 215/KEP/BSN/2015 pada tanggal 21 desember 2011 telah menetapkan empat Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait dengan energi. Empat SNI tersebut adalah sebagai berikut :

1. SNI 6196 : 2011
Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung[4]
2. SNI 6197 : 2011
Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan[5]
3. SNI 6390 : 2011
Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung[6]
4. SNI 6389 : 2011
Konservasi Energi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung[7]

Semua standar yang digunakan ini memuat prosedur audit energi pada bangunan gedung. Standar ini diperuntukkan bagi semua pihak yang berperan dalam pelaksanaan audit energi pada bangunan gedung. Bangunan gedung dalam energi ini mencakup: kantor, hotel pusat

belanja, rumah sakit, apartemen, rumah tinggal, sekolah, bandara, pelabuhan (SNI 6196:2011).

Menurut SNI 6196:2011 audit tentang prosedur audit energi pada bangunan gedung terdiri dari :

1. Audit energi singkat (*walk through audit*)

Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit

2. Audit energi awal (*preliminary audit*)

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

3. Audit energi rinci (*detail audit*)

★ Kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan energi serta penyusunan laporan audit

2.2.3.1 Audit Energi Singkat

A. Persiapan

Persiapan yang dilakukan mencakup:

- ✓ penyiapan dokumen terkait termasuk kuisioner;
- ✓ penyiapan sumber daya manusia (SDM);
- ✓ penetapan jadwal singkat perencanaan.

B. Pengumpulan data

Data historis terdiri atas:

- ✓ luas total lantai gedung;

- ✓ pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama 1 (satu) sampai 2 (dua) tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
- ✓ beban penghunian bangunan (*occupancy rate*) selama 1 (satu) sampai 2 (dua) tahun terakhir;
- ✓ daya terpasang;
- ✓ masukan dari observasi visual.

Berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara singkat dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan operasi penggunaan energi obyek yang diteliti maupun kebutuhan energi keseluruhan bangunan gedung.

C. Perhitungan dan analisis data

Perhitungan dilakukan menggunakan data yang tersedia dan diperoleh melalui wawancara dan observasi.

- ✓ Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi;
- ✓ hitung intensitas konsumsi energi (kWh/m² per tahun) dan indeks konsumsi energi;
- ✓ hitung kecenderungan konsumsi energi;
- ✓ hitung persentase potensi penghematan energi;
- ✓ pilihan untuk audit lanjutan (awal atau rinci).

D. Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan pengumpulan dan analisis data yang dilaksanakan, maka laporan audit energi disusun. Laporan audit energi memuat:

- ✓ potret penggunaan energi;
- ✓ rekomendasi yang mencakup langkah konservasi energi yang telah dilaksanakan serta pilihan untuk melanjutkan audit yang lebih lanjut (awal atau rinci).

2.2.3.2 Audit Energi Awal

A. Persiapan

Audit energi awal perlu dilakukan bila audit energi singkat merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung. Atau secara langsung tanpa melalui audit energi singkat. Persiapan audit energi yang dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan mencakup:

- persiapan dokumen terkait termasuk ceklist data;
- persiapan sumber daya manusia yang sesuai bidang listrik dan mekanis;
- persiapan alat ukur untuk pengukuran sampling;
- penetapan jadwal rinci perencanaan.

B. Pengumpulan data

a) Data historis

Mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang (*as built drawing*), terdiri atas:

- tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai;
- denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai;
- diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator;
- pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
- beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir.

b) Pengukuran singkat

Alat ukur yang digunakan adalah yang *portable* dan pengukuran dilakukan secara sampling di sejumlah titik pengguna energi utama.

c) Masukan dari observasi visual

Dikumpulkan berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan kinerja operasi penggunaan energi pada obyek yang diaudit maupun kebutuhan energi total bangunan gedung.

C. Perhitungan dan analisis data

Perhitungan sederhana untuk profil dan efisiensi penggunaan energi dilakukan dengan menggunakan data yang terkumpul menghasilkan:

- ✓ intensitas konsumsi energi (kWh/m² per tahun) dan indeks konsumsi energi;
- ✓ *simple payback period*;
- ✓ neraca energi sederhana;
- ✓ persentase peluang penghematan energi;
- ✓ rekomendasi pilihan dengan urutan prioritas langkah penghematan energi.

D. Pembahasan hasil sementara audit

Untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari pemilik gedung maka diskusi dan presentasi harus dilakukan minimal satu kali sebelum laporan akhir.

E. Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan yang dilaksanakan, maka laporan audit energi awal disusun. Laporan audit energi awal harus memuat:

- ✓ potret penggunaan energi;
- ✓ potensi penghematan energidan biaya pada obyek yang diteliti;
- ✓ rekomendasi spesifik;
- ✓ apabila diperlukan, rekomendasi tindak lanjut ke audit energi rinci.

2.2.3.3 Audit Energi Rinci

A. Persiapan

Audit energi rinci perlu dilakukan bila audit energi singkat/audit energi awal merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung atau pada obyek khusus/spesifik yang dianggap memiliki potensi penghematan energi besar. Umumnya nilai

IKE yang lebih besar dari nilai benchmark atau target yang ditentukan merupakan energi untuk merekomendasikan kegiatan audit energi rinci. Persiapan audit energi dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan. Persiapan yang dilakukan mencakup:

- penyiapan dokumen terkait termasuk daftar periksa data audit;
- penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis serta arsitektur;
- penyiapan alat ukur untuk pengukuran detail yang dilakukan secara energi;
- penetapan jadwal rinci perencanaan

B. Pengumpulan data

1) Data historis

Mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang, terdiri atas:

- tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai;
- denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai;
- diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator;
- pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air;
- beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir.

2) Pengukuran langsung

Alat ukur terkalibrasi yang digunakan dapat berupa alat ukur pada instalasi atau alat ukur energi. Pengukuran langsung pada peralatan utama mencakup:

- Energi operasi;
- Profil jam harian;
- kinerja alat.

3) Masukan dari pengamatan

Dikumpulkan berdasarkan observasi langsung dan hasil wawancara mendalam dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan kinerja operasi penggunaan energi obyek yang diteliti maupun kebutuhan energi keseluruhan bangunan gedung.

C. Perhitungan dan analisis data

Berdasarkan data seperti disebutkan diatas pembuatan profil penggunaan energi, perhitungan neraca energi, analisis data teknis maupun energi secara mendalam dapat dilakukan. Analisis data energi dapat dilakukan dengan penggunaan program energi yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi.

a. Perhitungan profil dan efisiensi penggunaan energi:

- hitung rincian penggunaan energi pada obyek yang diteliti;
- hitung intensitas konsumsi energi (kWh/m² per tahun)
- hitung kinerja operasi aktual (rata-rata, maksimum dan minimum).

★ b. Analisis Data

- gambarkan grafik kecenderungan konsumsi energi atau energi spesifik dengan parameter operasi, jam, harian, mingguan atau bulanan;
- lihat korelasi antara intensitas energi atau konsumsi energi dengan parameter operasi;
- tentukan parameter operasi yang dominan terhadap konsumsi energi maupun intensitas energi dari obyek yang diteliti lihat kemungkinan perbaikan kinerja dan efisiensi penggunaan energi;
- hitung peluang penghematan energi jika perbaikan kinerja tersebut dilakukan;
- ✓ apabila peluang hemat energi telah diidentifikasi, selanjutnya perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang

hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan ;

- ✓ analisis peluang hemat energi dapat juga dilakukan dengan penggunaan program energi yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi;
- ✓ penghematan energi pada bangunan gedung harus tetap memperhatikan kenyamanan penghuni. Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha antara lain: menekan penggunaan energi hingga sekecil mungkin (mengurangi daya terpasang/terpakai dan jam operasi); memperbaiki kinerja peralatan; menggunakan sumber energi yang murah.

c. Analisis hemat energi

- hitung biaya yang diperlukan untuk implementasi perbaikan dimaksud;
- lakukan analisis energi untuk setiap peluang penghematan energi yang ada;
- lakukan analisis sensitifitas penghematan energi yang menjanjikan penghematan besar dengan tingkat kelayakan yang cukup menarik;
- rekomendasikan pilihan dengan urutan prioritas langkah penghematan energi.

D. Pembahasan hasil sementara audit

Untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari pemilik gedung maka diskusi dan presentasi harus dilakukan minimal satu kali sebelum laporan akhir final.

E. Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan yang dilaksanakan, maka laporan audit energi rinci disusun. Laporan audit energi rinci harus memuat:

- potret penggunaan energi;

- ✓ kinerja operasi energi/pengguna energi untuk berbagai kondisi dan beban;
- ✓ energi-faktor yang mempengaruhi kinerja operasi;
- ✓ potensi penghematan energi dan biaya pada obyek yang diteliti;
- ✓ kajian teknis dan energi penghematan energi;
- ✓ rekomendasi spesifik dan saran tindak lanjut.

Laporan audit energi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- ✓ ringkasan eksekutif;
- ✓ latar belakang;
- ✓ pelaksanaan audit energi;
- ✓ potret penggunaan energi;
- ✓ pengelolaan energi;
- ✓ analisis:
- ✓ peluang-peluang penghematan energi;
- ✓ rekomendasi.

F. Rekomendasi

Rekomendasi yang dibuat mencakup masalah:

1. pengelolaan energi termasuk program manajemen yang perlu diperbaiki, implementasi audit energi yang lebih baik, dan cara meningkatkan kesadaran penghematan energi;
2. pemanfaatan energi, termasuk langkah-langkah :
 - ✓ peningkatan efisiensi penggunaan energi tanpa biaya, misalnya mengubah prosedur;
 - ✓ perbaikan dengan investasi kecil;
 - ✓ perbaikan dengan investasi besar

2.2.4 Usulan *Base* atau alat ukur penghematan Energi

Setelah dilakukan audit, langkah selanjutnya adalah mengukur, apakah gedung SMA Negeri 73 Jakarta saat ini sesuai dengan energi IKE yang baik dan efisien, sehingga diperlukannya perhitungan mengenai energi

IKE tersebut. Indikator utama penghematan energi di sebuah gedung umumnya menggunakan Intensitas Konsumsi Energi (IKE)[9]. IKE menunjukkan besarnya konsumsi energi (kWh) per meter persegi (m²) setiap bulan. Angka IKE (kWh/m²/bulan) diperoleh dengan membagi jumlah kWh penggunaan listrik selama sebulan dengan luas bangunan yang digunakan.

Nur Hidayanto [10] dalam tesisnya melakukan analisis terhadap Intensitas Konsumsi energi (IKE) bangunan gedung yang sudah diaudit ESDM pada tahun 2010. Tujuan dilakukannya analisis tersebut adalah untuk melihat rata-rata nilai IKE setiap jenis bangunan gedung. Dalam analisisnya disebutkan bahwa gedung penghematan energi harus menyesuaikan dengan standar nasional yang telah ada.

Sektor gedung ini dirinci menjadi sub-sektor yang lebih spesifik yaitu :

1. Sub-sektor kantor komersial
2. Sub-sektor pusat perbelanjaan
3. Sub-sektor hotel
4. Sub-sektor rumah sakit
5. Sub-sektor sekolah
6. Sub-sektor kantor pemerintahan.

Berikut adalah tabel rata-rata IKE per jenis bangunan gedung, analisis yang dilakukan oleh Nur Hidayanto dengan judul penelitian Analisis statistik terhadap potensi penghematan energi pada bangunan gedung dengan metode *benchmarking*.

Tabel 2.3 Rata-rata IKE Per Jenis Bangunan

No	Jenis bangunan	Rata-rata IKE (kWh/m ² /tahun)
1	Gedung Kantor	97
2	Gedung Rumah Sakit	129
3	Gedung Hotel	197
4	Gedung Mall/Pusat Perbelanjaan	278
	Rata-rata	175

Sumber : digital20394645-T 40780-Nur Hidayanto

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan oleh Nur Hidayanto dua sub sektor yakni Sub-sektor sekolah dan Sub-sektor kantor pemerintahan tidak tertulis nilai IKE nya. Hal ini disebabkan tidak dapat terpenuhinya aspek keterwakilan terhadap dua sisi, yaitu: aspek keterwakilan dari sisi kategori/kelas dan keterwakilan dari sisi populasi.

Dalam perkembangan selanjutnya pemerintah telah mengeluarkan standar melalui Permen ESDM No.13 Tahun 2012. Permen ini mengatur mengenai penghematan tenaga listrik pada bangunan gedung negara, dan bangunan gedung BUMN, BUMD dan BHMN melalui sistem tata udara, tata cahatya dan peralatan pendukung. Permen ini mengatur secara keseluruhan tata cara penghematan tenaga listrik hingga membuat standar yang harus digunakan dalam penghematan energi listrik atau yang lebih dikenal dengan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Selanjutnya, nilai IKE yang dihasilkan akan menentukan apakah sebuah bangunan tergolong sangat efisien, efisien, cukup efisien dan boros, seperti tabel di bawah ini :

Tabel 2.4 Standar Intensitas Konsumsi Energi untuk Gedung Perkantoran

Kriteria	Gedung Kantor Ber-AC kWh/m2/bulan	Gedung Kantor Tanpa AC kWh/m2/bulan
Sangat Efisien	<8,5	<3,4
Efisien	8,5 - 14	3,4 - 5,6
Cukup Efisien	14 - 18,5	5,6 - 7,4
Boros	>18,5	>7,4

Sumber : Permen ESDM No. 13 tahun 2012

Ditingkat daerah pemerintah DKI Jakarta juga mengeluarkan Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012 mengenai bangunan gedung hijau. Di dalam Pergub itu mengatur mengenai standar IKE. Standar IKE adalah besar energi yang digunakan suatu bangunan gedung perluas area yang dikondisikan dalam satu bulan atau satu tahun. Area yang dikondisikan adalah area yang diatur ruangnya sedemikian rupa sehingga memenuhi kenyamanan dengan udara sejuk disuplai dari energi tata udara gedung.

IKE dijadikan acuan untuk melihat seberapa besar konservasi energi yang dilakukan gedung tersebut. Bila di industri/pabrik, istilah yang digunakan dan serupa tujuannya adalah konsumsi energi spesifik (*Spesific*

Energi Consumption) yaitu besar penggunaan energi untuk satuan produk yang dihasilkan. Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012, energi IKE untuk berbagai tipe/fungsi bangunan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Standar IKE Pergub No. 38 tahun 2012

Tipe Bangunan	Rentang IKE (KWH/m2/tahun)			Waktu Operasi Acuan (<i>Benchmark Operational Hours</i>)
	Batas Bawah	Acuan	Batas Atas	
Perkantoran	210	250	285	10 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2600 jam/th
Hotel	290	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Apartemen	300	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Sekolah	195	235	265	8 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2080 jam/th
Rumah Sakit	320	400	450	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Pertokoan	350	450	500	12 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 4368 jam/th

Sumber : Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012



Sumber : Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012

Gambar 2.5 Rentang IKE

Kategori Rentang dari Indeks Konsumsi Energi (IKE)

- Rentang 1 $IKE < \text{nilai batas bawah}$
- Rentang 2 $\text{nilai batas bawah} \leq IKE \leq \text{nilai acuan}$
- Rentang 3 $\text{nilai acuan} \leq IKE \leq \text{nilai batas atas}$

- Rentang 4 $IKE > \text{nilai batas atas}$

Tabel 2.6 Penggunaan Energi Pergub DKI Jakarta No. 38 tahun 2012

Rentang	Penggunaan Energi	Tindakan
1	Hemat	Perlu mempertahankan dengan melaksanakan SOP dan

- 2 Agak Hemat pemeliharaan yang sistematis
Perlu meningkatkan kinerja dengan melakukan Tuning Up



- 3 Agak Boros Perlu melakukan beberapa perubahan
- 4 Boros Perlu melakukan *retrofitting* atau *replacement*

Sumber : Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012

2.3 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.

Konservasi energi nasional menjadi tanggung jawab Pemerintah, pemerintah daerah provinsi, pemerintah daerah kabupaten/ kota, pengusaha dan masyarakat dan dilaksanakan berdasarkan rencana induk konservasi energi nasional. Rencana induk konservasi energi nasional disusun dan ditetapkan oleh Menteri. Rencana induk konservasi energi nasional paling sedikit memuat sasaran, pokok-pokok kebijakan, program, dan langkah-langkah konservasi energi. Penyusunan rencana induk konservasi energi nasional dilakukan dengan:

- a) mengacu pada rencana umum energi nasional; dan
- b) memperhatikan masukan dari instansi terkait, pemerintah daerah, pengusaha, dan masyarakat.

Rencana induk konservasi energi nasional dibuat untuk jangka waktu 5 (lima) tahun dan dapat ditinjau setiap tahun sesuai keperluan. Pemerintah bertanggung jawab secara nasional untuk pelaksanaan konservasi energi untuk :

- a) merumuskan dan menetapkan kebijakan, strategi, dan program konservasi energi;
- b) mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang konservasi energi;
- c) melakukan sosialisasi secara menyeluruh dan komprehensif untuk penggunaan teknologi yang menerapkan konservasi energi;
- d) mengkaji, menyusun, dan menetapkan kebijakan, serta mengalokasikan dana dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;

- e) memberikan kemudahan dan/atau insentif dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- f) melakukan bimbingan teknis konservasi energi kepada pengusaha, pengguna sumber energi, dan pengguna energi;
- g) melaksanakan program dan kegiatan konservasi energi yang telah ditetapkan; dan
- h) melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan program konservasi energi.

Pemerintah daerah provinsi di wilayah provinsi yang bersangkutan untuk pelaksanaan konservasi energi dan bertanggung jawab sesuai dengan kewenangannya untuk :

- a) merumuskan dan menetapkan kebijakan, strategi, dan program konservasi energi;
- b) mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang konservasi energi;
- c) melakukan sosialisasi secara menyeluruh dan komprehensif untuk penggunaan teknologi yang menerapkan konservasi energi;
- d) mengalokasikan dana dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- e) memberikan kemudahan dan/atau insentif dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- f) melakukan bimbingan teknis konservasi energi kepada pengusaha, pengguna sumber energi, dan pengguna energi ;
- g) melaksanakan program dan kegiatan konservasi energi; dan
- h) melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan program konservasi energi.

Pemerintah daerah kabupaten/kota yang bersangkutan untuk pelaksanaan konservasi energi dan bertanggung jawab sesuai dengan kewenangannya untuk :

- a) merumuskan dan menetapkan kebijakan, strategi dan program konservasi energi;

- b) mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang konservasi energi;
- c) melakukan sosialisasi secara menyeluruh dan komprehensif untuk penggunaan teknologi yang menerapkan konservasi energi;
- d) mengalokasikan dana dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- e) memberikan kemudahan dan/atau insentif dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi;
- f) melakukan bimbingan teknis konservasi energi kepada pengusaha, pengguna sumber energi, dan pengguna energi; melaksanakan program dan kegiatan konservasi energi; dan
- g) melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan program konservasi energi.

Tanggung jawab pengusaha dalam konservasi energi :

- a) melaksanakan konservasi energi dalam setiap tahap pelaksanaan usaha; dan
- b) menggunakan teknologi yang efisien energi; dan/atau
- c) menghasilkan produk dan/atau jasa yang hemat energi.

Tanggung Jawab Masyarakat dalam konservasi energi : Masyarakat bertanggung jawab mendukung dan melaksanakan program konservasi energi.

Konservasi dalam pemanfaatan energi :

1. Pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien.
2. Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan/atau energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi.
3. Manajemen energi untuk konservasi energi dilakukan dengan:
 - 1) menunjuk manajer energi;
 - 2) menyusun program konservasi energi;

- 3) melaksanakan audit energi secara berkala;
- 4) melaksanakan rekomendasi hasil audit energi; dan
- 5) melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun kepada Menteri, gubernur, atau bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya masing-masing.

Kriteria keberhasilan konservasi energi

- 1) Kriteria keberhasilan pelaksanaan konservasi energi bagi pengguna energi apabila dalam periode tertentu terjadi penurunan:
 - a) konsumsi energi spesifik; dan/atau
 - b) elastisitas konsumsi energi.
- 2) Kriteria keberhasilan pelaksanaan konservasi energi bagi produsen peralatan hemat energi apabila dalam periode tertentu dapat:
 - a) memproduksi peralatan hemat energi yang efisiensi energinya lebih tinggi dari *benchmark* yang ditentukan; dan
 - b) mencantumkan label tingkat efisiensi energi sesuai dengan standar yang berlaku.

Pembinaan dan pengawasan konservasi energi

1. Pemerintah dan pemerintah daerah melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan konservasi energi sesuai dengan kewenangannya.
2. Pembinaan dilaksanakan melalui:
 - a) pendidikan dan pelatihan;
 - b) bimbingan teknis;
 - c) penyuluhan;
 - d) penyebaran informasi baik melalui media cetak, media elektronik, forum, atau pameran-pameran dan
 - e) dorongan dan/atau fasilitasi kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi konservasi energi.
3. Pengawasan dilaksanakan terhadap:
 - a) penunjukan manajer energi;

- b) penyusunan program konservasi energi;
- c) pelaksanaan audit energi secara berkala; dan
- d) pelaksanaan rekomendasi hasil audit energi [11].

2.4 Investasi Energi Terbarukan

Investasi energi terbarukan perlu mempertimbangkan beberapa aspek yang mendukung terlaksananya pembangunan suatu proyek tidak terkecuali proyek pengembangan pembangkit listrik tenaga matahari atau solar panel yang diterapkan di sekolah, agar terjadinya konservasi energi terlaksana dengan baik. Oleh sebab itu dalam pelaksanaannya perlu dilakukan perhitungan agar investasi yang layak dilakukan.

Metode Nilai Bersih Sekarang (NPV) memperhitungkan pengaruh waktu terhadap nilai uang sudah dimasukkan ke dalam perhitungan. Dua metode yang paling banyak dipakai di dalam mengevaluasi manfaat ekonomis suatu usulan proyek investasi adalah metode periode pengembalian dan metode rata-rata tahunan tingkat kembali akuntansi, akan tetapi sayang mempunyai beberapa kelemahan dan kesukaran seringkali muncul ketika dihadapkan kepada proyek investasi yang dilematis. Pada metode NPV (nilai bersih sekarang) ini tolok ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :

Jika $NPV \geq 0$, maka proyek diterima

Jika $NPV < 0$, maka proyek ditolak

Jika suatu keputusan dihadapkan pada pemilihan beberapa alternatif proyek, maka yang akan dipilih adalah proyek yang mempunyai hasil NPV yang paling besar. Metode *internal rate of return* (IRR), Tujuan perhitungan IRR adalah untuk mengetahui persentase keuntungan dari suatu proyek tiap-tiap tahun. Selain itu, IRR juga merupakan alat ukur kemampuan proyek dalam mengembalikan bunga pinjaman. Pada dasarnya IRR menunjukkan tingkat bunga yang menghasilkan NPV sama dengan Nol. Dengan demikian untuk mencari IRR kita harus menaikkan discount factor (DF) sehingga tercapai nilai NPV sama dengan nol.

Metode *Payback Period* (PP), *payback period* dapat diartikan sebagai jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan, melalui keuntungan yang diperoleh dari suatu proyek yang telah direncanakan. *Payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan *proceeds* atau aliran kas netto (*net cash flows*).

Metode rasio biaya manfaat (*Benefit Cost Ratio* (BCR)), keterbatasan anggaran pemerintah merupakan hal yang umum ditemui. Di sisi lain, pemerintah dihadapkan pada berbagai alternatif program yang akan dilaksanakan. Hal tersebut menyebabkan pemerintah harus jeli dalam menentukan program yang diprioritaskan. Pemilihan prioritas suatu proyek tidak mudah. Dalam memutuskan kelayakan suatu proyek yang berhubungan dengan sektor publik, pemerintah dihadapkan pada banyak pertimbangan dan permasalahan. Dalam hal ini, prioritas yang dipilih harus mempertimbangkan kepentingan publik atau masyarakat umum. Analisis sensitivitas (*sensitivity analysis*) merupakan suatu pengujian dari suatu keputusan (misalnya keputusan investasi) untuk mencari seberapa besar ketidaktepatan penggunaan suatu asumsi yang dapat ditoleransi tanpa mengakibatkan tidak berlakunya keputusan tersebut. Manajer harus menentukan kepekaan keputusannya terhadap asumsi yang mendasari. Semua keputusan didasarkan atas berbagai asumsi, seperti : keakuratan data, *discount rate* yang digunakan, dll. Jadi, apabila digunakan asumsi yang berbeda, apakah terjadi perubahan terhadap keputusan yang telah ditetapkan. *Sensitivity analysis* tujuannya adalah untuk melihat apa yang akan terjadi dengan hasil analisa proyek, jika ada sesuatu kesalahan atau perubahan dalam dasar perhitungan biaya atau benefit.[12]