

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Manajemen dan Audit Energi**

##### **2.1.1. Manajemen Energi**

Manajemen energi adalah suatu program yang direncanakan dan dilaksanakan secara sistematis untuk memanfaatkan energi secara efektif dan efisien dengan melakukan perencanaan, pencatatan, pengawasan dan evaluasi secara kontinu tanpa mengurangi kualitas produksi dan pelayanan. Manajemen energi mencakup perencanaan dan pengoperasian unit konsumsi dan produksi yang berkaitan dengan energi. Tujuan manajemen energi yaitu penghematan sumber daya, perlindungan iklim, dan penghematan biaya. Bagi konsumen, manajemen energi membuat mereka gampang untuk mendapatkan akses terhadap energi sesuai dengan apa dan kapan yang mereka butuhkan. Manajemen energi berkaitan dengan manajemen lingkungan, manajemen produksi, logistik, dan fungsi yang berhubungan dengan bisnis lainnya.

*Verein Deutscher Ingenieure (VDI)* memberikan definisi manajemen energi adalah kegiatan yang proaktif, pengadaan barang yang terorganisasi dan sistematis, konversi, distribusi, dan penggunaan energi yang memenuhi kebutuhan, dengan memperhitungkan tujuan lingkungan dan ekonomi. Tujuan manajemen energi di dalam industri adalah sebagai berikut:

1. Optimalisasi pemanfaatan sumber daya energi dan energi.
2. Meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya energi dan energi.
3. Pemanfaatan peluang untuk meningkatkan daya saing perusahaan.

Manajemen energi sangat penting untuk diintegrasikan ke dalam struktur organisasi sebuah perusahaan agar manajemen energi tersebut dapat diimplementasikan. Sangat disarankan untuk membentuk sebuah unit organisasi Manajemen energi yang terpisah di dalam sebuah perusahaan yang konsumsi energinya sangat besar. Berikut ini adalah peran manajemen energi di dalam berbagai fungsi operasional:

## 1. Manajemen Fasilitas

Manajemen fasilitas berperan penting di dalam manajemen energi karena memiliki proporsi yang sangat besar (sekitar 25 persen) dari biaya operasi adalah biaya energi. Menurut *International Facility Management Association (IFMA)*, manajemen fasilitas adalah sebuah profesi yang memberikan arah kepada berbagai pihak untuk menjamin berfungsinya keadaan yang dibangun dengan mengintegrasikan manusia, tempat, proses, dan teknologi.

Tujuan penting dari manajemen energi adalah untuk mengurangi biaya energi bangunan dan fasilitas tanpa mengganggu proses kerja. *ENERGI STAR* adalah contoh program yang terbesar dalam menentukan rumah yang hemat energi. Rumah yang bersertifikat *ENERGI STAR* menghemat setidaknya 15 persen energi dari rumah standar.

## 2. Logistik

Logistik adalah manajemen yang mengatur aliran sumber daya dari titik mula sampai titik tujuan untuk memenuhi sebuah permintaan. Transportasi barang dapat menghemat biaya dan melindungi lingkungan melalui manajemen energi yang efisien. Faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah jenis transportasi, durasi dan jarak tempuh transportasi, dan kerja sama dengan penyedia jasa logistik.

Logistik telah menyebabkan lebih dari 14 persen emisi CO<sub>2</sub> di seluruh dunia. Maka istilah *Green Logistics* menjadi penting. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menuju logistik hijau adalah:

- a. Menggunakan transportasi barang yang ramah lingkungan seperti jalur kereta api dan jalur air.
- b. Optimisasi rute dan beban.
- c. Formasi dari jaringan korporasi yang tersambung dengan logistik.
- d. Optimisasi proses fisik logistik dengan menyediakan bantuan teknologi informasi yang canggih.

Selain transportasi barang, transportasi manusia juga bagian penting dari strategi logistik perusahaan. Perlu dipertimbangkan apakah perjalanan bisnis perlu dilakukan apabila telepon atau konferensi video telah cukup berguna.

### 3. Pembelian Energi

Harga energi selalu naik turun sehingga cukup mempengaruhi biaya energi sebuah perusahaan. Maka dari itu keputusan pembelian energi yang buruk dapat membuat biaya tinggi. Organisasi dapat mengatur dan mengurangi harga energi dengan mengambil tahap proaktif dan efisien dalam membeli energi. Mengubah sumber energi yang dipakai juga dapat menjadi solusi yang menguntungkan dan ramah lingkungan.

### 4. Produksi

Produksi adalah kegiatan untuk memproduksi *output* seperti barang atau jasa yang memiliki nilai untuk dikontribusikan kegunaannya kepada seseorang. Proses utama dari produksi bergantung kepada jenis perusahaannya. Perusahaan industri memiliki lebih banyak fasilitas yang mengkonsumsi energi lebih banyak. Perusahaan jasa, sebaliknya tidak membutuhkan bahan baku yang banyak, fokus yang berkaitan dengan energi hanya perlu di bagian manajemen fasilitas atau *Green IT*. Maka fokus yang berhubungan dengan energi perlu diidentifikasi terlebih dahulu, kemudian dievaluasi dan lakukan optimisasi.

### 5. Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Produksi biasanya adalah wilayah terbesar dalam melakukan konsumsi energi di dalam sebuah perusahaan. Maka perencanaan dan pengendalian produksi menjadi sangat penting. Hal ini berkaitan dengan semua manajemen proses operasional, proses sementara, proses perencanaan, dan pengendalian yang diperlukan untuk memproduksi barang dan komoditas.

Perancang produksi harus dapat merancang proses produksi yang hemat energi. Seperti contohnya, proses produksi yang memakan energi besar dapat dijadwalkan di malam hari untuk menghindari waktu beban puncak yang memiliki harga lebih mahal.

Perencanaan dan pengendalian produksi juga harus dapat mengatasi masalah keterbatasan dalam penyimpanan energi. Pada dasarnya ada cara untuk menyimpan energi listrik secara mekanis atau kimia. Sebagai contohnya teknologi yang terkenal adalah tempat penyimpanan *lithium-based electrochemical*, yang dapat digunakan dalam mobil elektrik atau untuk melakukan kontrol jaringan tenaga.

## 6. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah kombinasi dari semua kegiatan teknis dan administrasi, termasuk kegiatan supervisor, untuk mendapatkan atau mengembalikan suatu barang agar dapat melakukan fungsi yang diperlukan. Pemeliharaan yang terperinci penting untuk menunjang manajemen energi. Maka kebocoran tenaga dan peningkatan biaya dapat dihindari.

Berikut merupakan contoh kemungkinan untuk melakukan penghematan energi dan biaya melalui bantuan pemeliharaan:

- a. Melakukan proses *defrost* pada kulkas.
- b. Melakukan pengecekan barometer pada mobil dan truk.
- c. Melakukan isolasi untuk kondisi sistem yang panas.

### 2.1.2. Audit Energi

Audit energi adalah sebuah proses inspeksi, survei dan analisis aliran energi untuk tujuan konservasi energi di dalam bangunan, proses atau sistem untuk mengurangi jumlah pemakaian energi di dalam sistem tanpa mengganggu hasil produksi.

$$\begin{aligned} \text{Energy Audit} = & \text{Savings in Money} + \text{Environmental Protection} \\ & + \text{Sustainable Development} \end{aligned} \quad (2.1)$$

#### 2.1.2.1. Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung

Di Indonesia prosedur audit energi pada bangunan gedung telah dibakukan dalam SNI 03-6196-2011. Standard Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan revisi dari SNI 03-6196-2000 mengenai "Proses Audit Energi".

Berikut adalah beberapa istilah dan definisi menurut SNI 03-6196-2000:

##### 1. Definisi Audit Energi

Audit energi merupakan proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi.

##### 2. 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.

3. **Audit Energi Awal (*Preliminary Audit*)**  
Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.
4. **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 finansial serta penyusunan laporan audit.
5. **Energi**  
Adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.
6. **Konsumsi Renergi**  
Besarnya energi yang digunakan oleh bangunan gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian antara daya dan waktu operasi (kWh/bulan atau kWh/tahun).
7. **Intensitas Konsumsi Energi (IKE)**  
Perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung dalam periode tertentu (kWh/m<sup>2</sup> per bulan atau kWh/m<sup>2</sup> per tahun).
8. **Konservasi Energi Bangunan Gedung**  
Upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia atau menurunkan kinerja alat.
9. **Pengelolaan Energi Bangunan Gedung**  
Penyelenggaraan kegiatan penyediaan dan pemanfaatan energi serta konservasi energi bangunan gedung.
10. **Bangunan Gedung**  
Bangunan yang didirikan dan diletakkan dalam suatu lingkungan sebagian atau seluruhnya pada, di atas, atau di dalam tanah atau perairan secara tetap yang berfungsi sebagai tempat manusia untuk melakukan kegiatan, bertempat tinggal, berusaha, bersosial budaya, dan beraktifitas lainnya.

#### 11. Peluang Konservasi Energi (PKE)

Peluang yang mungkin bisa diperoleh dalam rangka penghematan energi dengan cara perbaikan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, atau melakukan tindakan konservasi energi pada fasilitas energi.

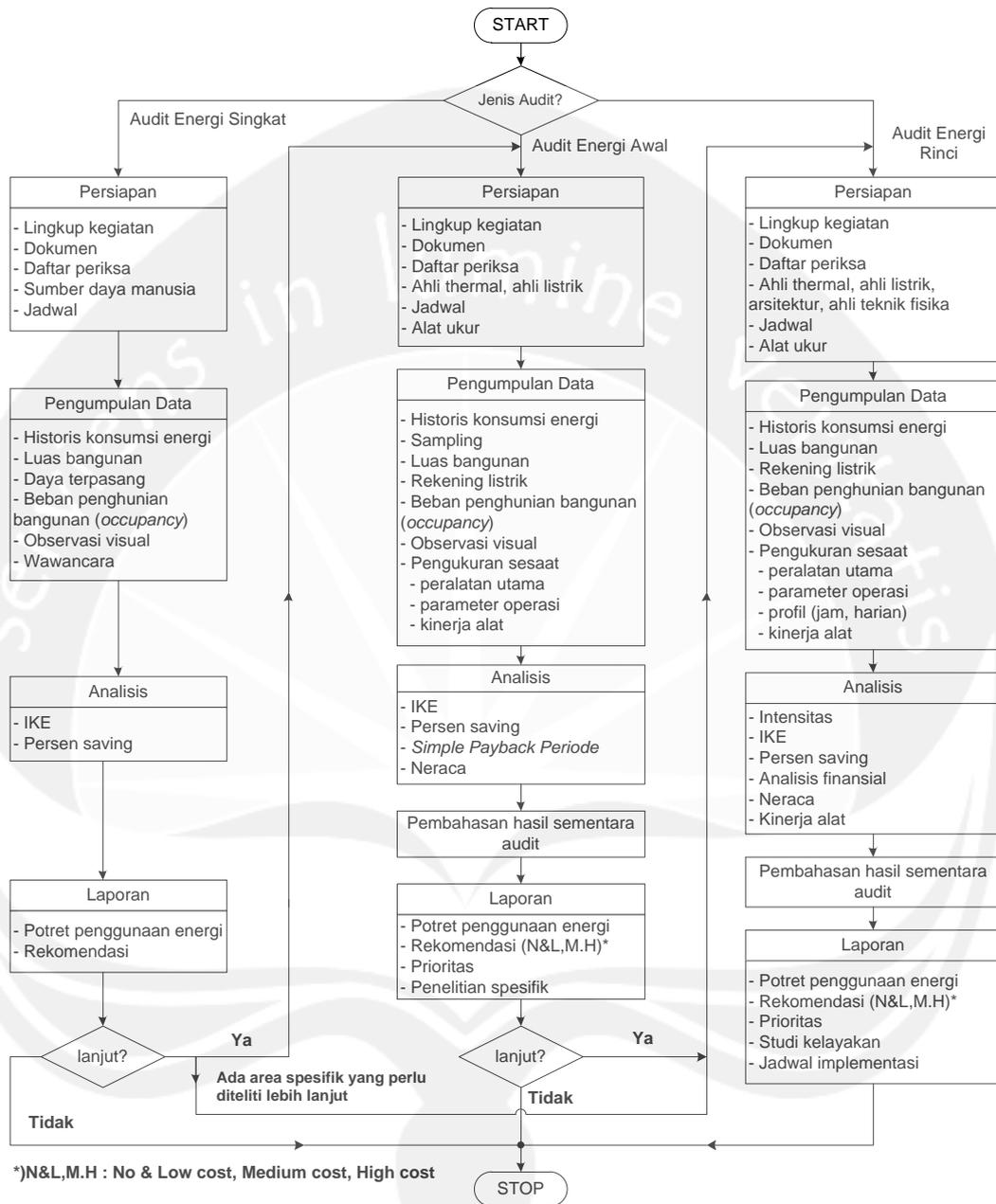
#### 12. Potret Penggunaan Energi

Gambaran pemanfaatan energi menyeluruh pada bangunan gedung, meliputi jenis, jumlah penggunaan, peralatan, intensitas, profil beban penggunaan, kinerja peralatan, dan peluang konservasi energi, maupun bagian bangunan gedung dalam periode tertentu.

#### 13. Target Penghematan Energi

Nilai IKE yang ditetapkan untuk bangunan gedung.

Prosedur audit energi dilakukan secara bertahap menurut SNI 03-6196-2011 sebagaimana pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Flowchart Proses Audit Energi

Berikut ini adalah penjelasan mengenai masing-masing jenis audit energi pada bangunan menurut SNI 03-6196-2011 yang seperti pada Gambar 2.1.:

#### 1. Audit Energi Singkat

##### a. Persiapan

Persiapan yang dilakukan mencakup:

- i. Penyiapan dokumen terkait termasuk kuesioner.
- ii. Penyiapan sumber daya manusia (SDM).
- iii. Penetapan jadwal singkat perencanaan.

##### b. Pengumpulan Data

Data historis terdiri dari:

- i. Luas total lantai gedung.
- ii. Pembayaran rekening listrik bulanan gedung selama 1 sampai 2 tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air.
- iii. Beban penghunian bangunan (*occupancy rate*) selama 1 sampai 2 tahun terakhir.
- iv. Daya terpasang.
- v. Masukan dari observasi visual.

Berdasarkan observasi langsung dari hasil wawancara singkat dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan operasi penggunaan energi objek 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:

- i. Hitung intensitas konsumsi energi ( $\text{kWh/m}^2$  per tahun) dan indeks konsumsi energi.
- ii. Hitung kecenderungan konsumsi energi.
- iii. Hitung persentase potensi penghematan energi.
- iv. 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:

- i. Potret penggunaan energi.
- ii. Rekomendasi yang mencakup langkah konservasi energi yang bisa dilaksanakan serta pilihan untuk melanjutkan audit yang lebih lanjut (awal atau rinci).

## 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 untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan mencakup:

- i. Penyiapan dokumen terkait termasuk ceklist data.
- ii. Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis.
- iii. Penyiapan alat ukur untuk pengukuran sampling.
- iv. Penetapan jadwal rinci perencanaan.

### b. Pengumpulan Data

#### i. 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 rekenaeng pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air.
- Beban penghunian bangunan selama 1 tahun terakhir.

#### ii. Pengukuran Singkat

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

### iii. Masukan dari Observasi Visual

Dikumpulkan berdasarkan observasi langsung dan wawancara dengan operator tentang hal-hal yang berkaitan dengan kinerja operasi penggunaan energi pada objek 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:

- i. Intensitas konsumsi energi (kWh/m<sup>2</sup> per tahun) dan indeks konsumsi energi.
- ii. *Simple payback period*.
- iii. Neraca energi sederhana.
- iv. Persentase peluang penghematan energi.
- v. 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:

- i. Potret penggunaan energi.
- ii. Potensi penghematan energi dan biaya pada objek yang diteliti.
- iii. Rekomendasi spesifik.
- iv. Apabila diperlukan, rekomendasi tindak lanjut ke audit energi rinci.

## 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 objek khusus/spesifik yang dianggap memiliki potensi penghematan energi besar dan menjanjikan tingkat perbaikan cukup menarik. Umumnya IKE yang lebih besar dari nilai benchmark atau target yang ditentukan merupakan alasan 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:

- i. Penyiapan dokumen terkait termasuk daftar periksa data audit.
- ii. Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis serta arsitektur.
- iii. Penyiapan alat ukur untuk pengukuran detail yang dilakukan secara periodik.
- iv. Penetapan jadwal rinci perencanaan.

b. Pengumpulan Data

i. 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 BBM, BBG, dan air.
- Beban penghunian bangunan selama satu tahun terakhir.

ii. Pengukuran Langsung

Alat ukur terkalibrasi yang digunakan dapat berupa alat ukur magun (*fixed*) pada instalasi atau alat ukur portable. Pengukuran langsung pada peralatan utama mencakup:

- Parameter operasi.
- Profil (jam, harian).
- Kinerja alat.

iii. Masukan dari Pengamatan

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

c. Perhitungan dan Analisis Data

Analisis data energi dapat dilakukan dengan penggunaan program komputer yang telah direncanakan untuk kepentingan itu dan diakui oleh masyarakat profesi.

i. Perhitungan Profil dan Efisiensi Penggunaan Energi.

- Hitung rincian penggunaan energi pada objek yang diteliti.
- Hitung intensitas konsumsi energi (kWh/m<sup>2</sup> per tahun) dan indeks konsumsi energi.
- Hitung kinerja operasi aktual (rata-rata, maksimum, dan minimum).

ii. 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 objek 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 dapat juga dilakukan dengan penggunaan program komputer 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, dan menggunakan sumber energi yang murah.

iii. Analisis Finansial Hemat Energi.

- Hitung biaya yang diperlukan untuk implementasi perbaikan dimaksud.
- Lakukan analisis finansial 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:

- i. Potret penggunaan energi.
- ii. Kinerja operasi aktual penggunaan energi untuk berbagai kondisi dan beban.
- iii. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja operasi.
- iv. Potensi penghematan energi dan biaya pada objek yang diteliti.
- v. Kajian teknis dan finansial penghematan energi.

f. Rekomendasi

Rekomendasi yang dibuat mencakup masalah:

- i. Pengelolaan energi termasuk program manajemen yang perlu diperbaiki, implementasi audit energi yang lebih baik, dan cara meningkatkan kesadaran penghematan energi.
- ii. Pemanfaatan energi, termasuk langkah-langkah:
  - Peningkatan efisiensi penggunaan energi tanpa biaya, misalnya mengubah prosedur.
  - Perbaikan dengan investasi kecil.
  - Perbaikan dengan investasi besar.

#### **2.1.2.2. Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja**

Prosedur pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja ini telah dibakukan dalam SNI 16-7062-2004. Standar ini berisi mengenai metode

pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja dengan menggunakan alat luxmeter.

Penentuan titik pengukuran terdiri dari dua yaitu:

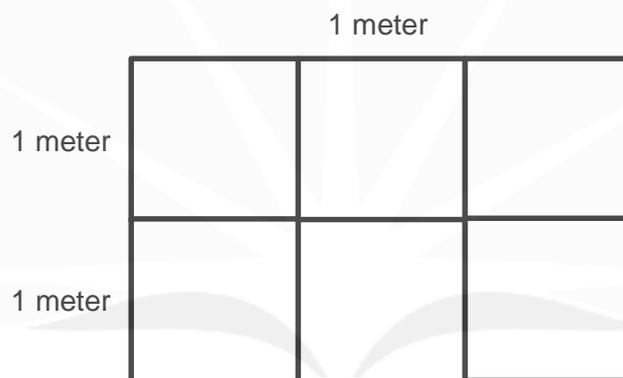
1. Penerangan Setempat.

Objek kerja berupa meja kerja maupun peralatan kerja. Pengukuran dapat dilakukan di atas meja yang ada maupun di peralatan kerja yang digunakan.

2. Penerangan Umum.

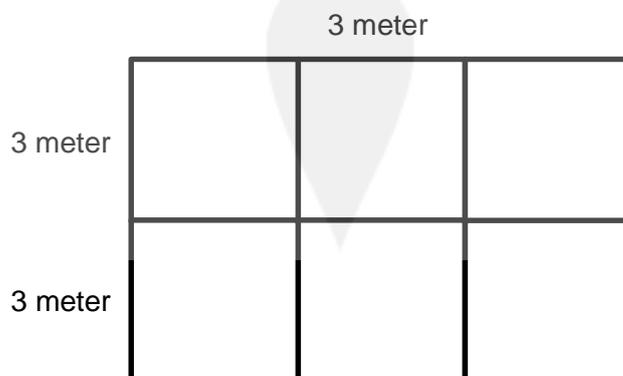
Penerangan di ruangan umum seperti kamar mandi dan auditorium. Titik pengukuran penerangan umum ini diambil dari titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada setiap jarak tertentu setinggi satu meter dari lantai. Jarak tertentu tersebut dibedakan berdasarkan luas ruangan berikut:

- a. Luas ruangan kurang dari 10 meter persegi diambil titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah setiap satu meter.



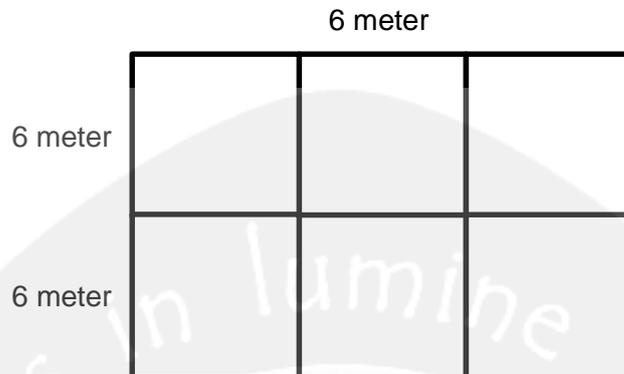
**Gambar 2.2. Titik Pengukuran Penerangan Umum Luas Kurang dari 10 m<sup>2</sup>**

- b. Luas ruangan antara 10 meter persegi sampai 100 meter persegi diambil titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah setiap tiga meter.



**Gambar 2.3. Titik Pengukuran Penerangan Umum Luas 10 m<sup>2</sup> – 100 m<sup>2</sup>**

- c. Luas ruangan lebih dari 100 meter persegi diambil titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah setiap enam meter.



**Gambar 2.4. Titik Pengukuran Penerangan Umum Luas Lebih dari 100 m<sup>2</sup>**

Persyaratan pengukuran ada dua yaitu:

1. Pintu ruangan dalam keadaan sesuai dengan kondisi tempat kerja pekerjaan dilakukan.
2. Lampu ruangan dalam keadaan dinyalakan sesuai dengan kondisi pekerjaan.

### 2.1.2.3. Standar Evaluasi

Standar evaluasi untuk audit energi di bidang tata cahaya terdiri dari:

1. Standar Evaluasi Pencahayaan

Standar yang dipakai dalam evaluasi pencahayaan adalah:

**Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan yang Direkomendasikan**

FUNGSI RUANG	TINGKAT PENCAHAYAAN (LUX)	KELOMPOK RENDERASI WARNA	TEMPERATUR WARNA		
			WARM WHITE < 3.300K	COOL WHITE 3.300K – 5.300K	DAYLIGHT > 5.300K
<b>Rumah Tinggal:</b>					
Teras	60	1 atau 2	•	•	
Ruang tamu	120 ~ 150	1 atau 2		•	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	•		
Ruang kerja	120 ~ 250	1		•	•
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	•	•	
Kamar mandi	250	1 atau 2		•	•
Dapur	250	1 atau 2	•	•	
Garasi	60	1		•	•

Tabel 2.1. Lanjutan

FUNGSI RUANG	TINGKAT PENCAHAYAAN (LUX)	KELOMPOK RENDERASI WARNA	TEMPERATUR WARNA		
			WARM WHITE < 3.300K	COOL WHITE 3.300K – 5.300K	DAYLIGHT > 5.300K
<b>Perkantoran:</b>					
Ruang direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang komputer	350	1 atau 2		•	•
Ruang rapat	300	3 atau 4	•	•	
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Gudang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		•	•
<b>Lembaga Pendidikan:</b>					
Ruang kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	
<b>Hotel dan Restoran:</b>					
Lobi, koridor	100	1	•	•	
Ruang serba guna	200	1	•	•	
Ruang makan	250	1	•	•	
Kafetaria	200	1	•	•	
Kamar tidur	150	1 atau 2	•		
Dapur	300	1	•	•	
<b>Rumah Sakit/Balai Pengobatan:</b>					
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		•	•
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		•	•
Laboratorium	500	1 atau 2		•	•
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	•	•	
<b>Pertokoan/Ruang Pamer:</b>					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar	500	1	•	•	•
Toko kue dan makanan	250	1	•	•	
Toko bunga	250	1		•	
Toko buku dan alat tulis/gambar	300	1	•	•	•

Tabel 2.1. Lanjutan

FUNGSI RUANG	TINGKAT PENCAHAYAAN (LUX)	KELOMPOK RENDERASI WARNA	TEMPERATUR WARNA		
			WARM WHITE < 3.300K	COOL WHITE 3.300K – 5.300K	DAYLIGHT > 5.300K
Toko perhiasan dan arloji	500	1	•	•	
Toko barang kulit dan sepatu	500	1	•	•	
Toko pakaian	500	1	•	•	
Pasar swalayan	500	1 atau 2	•	•	
Toko mainan	500	1	•	•	
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain)	250	1 atau 2	•	•	•
Toko alat music dan olah raga	250	1	•	•	•
<b>Industri (Umum):</b>					
Gudang	100	3		•	•
Pekerjaan kasar	100 ~ 200	2 atau 3		•	•
Pekerjaan menengah	200 ~ 500	1 atau 2		•	•
Pekerjaan halus	500 ~ 1.000	1		•	•
Pekerjaan amat halus	1.000 ~ 2.000	1		•	•
Pemeriksaan warna	750	1		•	•
<b>Rumah Ibadah:</b>					
Masjid	200	1 atau 2		•	
Gereja	200	1 atau 2		•	
Vihara	200	1 atau 2		•	

**Tabel 2.2. Kebutuhan Iluminan (Penerangan)**

NO	KERJA VISUAL	ILUMINAN (LUX)	INDEKS KESILAUAN
1	Penglihatan biasa	100	28
2	Kerja kasar dengan detail besar	200	25-28
3	Kerja umum dengan detail wajar	400	25
4	Kerja yang lumayan keras dengan detail kecil (studio gambar, menjahit)	600	19-22
5	Kerja keras, lama, detail kecil (perakitan barang halus, menjahit dengan tangan)	900	16-22
6	Kerja sangat keras, lama, detail sangat kecil (pemotongan batu mulia, tisik halus, mengukur benda-benda sangat kecil)	1.300-2.000	13-16
7	Kerja luar biasa keras dengan detail sangat kecil (arloji dan pembuatan instrumen)	2.000-3.000	10

Standar-standar di atas dipergunakan sebagai pedoman dan ditinjau ulang untuk disesuaikan dengan kondisi kebutuhan. Sebagai contoh, pengamatan empirik menemukan bahwa standar intensitas cahaya yang didapat dari buku rujukan cenderung lebih tinggi daripada kebutuhan nyata. Sebagai contoh, kebutuhan penerangan untuk kerja visual baca tulis adalah sekitar 300 lux. Namun, pengamatan empiris menemukan bahwa intensitas sebesar 200 lux sudah mencukupi.

Standar bagi Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada bangunan di Indonesia sesuai kegunaan gedung belum benar-benar dibakukan. Penelitian KONEBA (2005) menemukan bahwa bangunan gedung di Indonesia rata-rata memiliki IKE 250 kWh/m<sup>2</sup> per tahun (20,83 kWh/m<sup>2</sup>). Sebagai perbandingan gedung di Australia dan Singapore rata-rata memiliki IKE 175 kWh/m<sup>2</sup> per tahun (14,58 kWh/m<sup>2</sup> per bulan). Namun, perlu diingat bahwa pemakaian energi pada bangunan sangat dipengaruhi oleh fungsi utama bangunan bersangkutan. Bangunan kantor yang hanya beroperasi siang hari akan memakai energi berbeda dengan bangunan rumah sakit yang beroperasi siang dan malam.



**Gambar 2.5. Standar Penetrasi Cahaya pada Kaca (NREL, 200-)**

**Tabel 2.3. Standar Efikasi Cahaya pada Kaca (NREL, 200-)**

<i>LIGHTING SOURCE</i>	<i>EFFICACY (LUMENS/WATT)</i>
<i>Beam Sunlight/Diffuse Skylight</i>	110-130
<i>High-Intensity Discharge (high pressure sodium, metal halide)</i>	32-124
<i>Fluorescent</i>	55-90
<i>Compact Fluorescent</i>	50-60
<i>Incandescent</i>	10-20

**Tabel 2.4. Standar Refleksi Cat (NREL, 200-)**

<b>WARNA</b>	<b>REFLEKTANSI</b>
<i>Semi-Gloss White</i>	70%
<i>Light Green</i>	53%
<i>Kelly Green</i>	49%
<i>Medium Blue</i>	49%
<i>Medium Yellow</i>	47%
<i>Medium Orange</i>	42%
<i>Medium Green</i>	41%
<i>Medium Red</i>	20%
<i>Medium Brown</i>	16%
<i>Dark Blue-Gray</i>	16%
<i>Dark Brown</i>	12%
Untuk cat glossy tambahkan 5%-10% pada reflektansi	

**Tabel 2.5. Standar Refleksi Cahaya pada Kayu**

<b>TIPE</b>	<b>REFLEKTANSI</b>
<i>Maple</i>	54%
<i>Poplar</i>	52%
<i>White Pine</i>	51%
<i>Red Pine</i>	49%
<i>Oregon Pine</i>	38%
<i>Birch</i>	35%
<i>Beech</i>	26%
<i>Oak</i>	23%
<i>Cherry</i>	20%

Stein dan Reynolds (2009) merekomendasi faktor reflektansi untuk ruang kuliah sebagai berikut:

- a. Faktor reflektansi dinding sebesar = 50-70%
  - b. Faktor reflektansi lantai sebesar = 20-40%
  - c. Faktor reflektansi langit-langit sebesar = 70-90%
  - d. Faktor reflektansi perabot sebesar = 25-45%
  - e. Faktor reflektansi papan tulis sebesar = > 20%
2. Tingkat Kualitas Warna Cahaya

Kualitas Warna Cahaya Lampu (*Correlated Colour Temperature = CCT*) yaitu warna cahaya lampu yang tidak merupakan indikasi tentang efeknya terhadap warna obyek, tetapi lebih kepada memberi suasana. Warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi:

- a. Warna putih kekuning-kuningan (*warm white*), kelompok 1 (< 3.300K).
- b. Warna putih netral (*cool white*), kelompok 2 (3.300K – 5.300K).
- c. Warna putih (*daylight*), kelompok 3 (> 5.300K).

Pemilihan warna lampu bergantung pada tingkat iluminansi yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Makin tinggi tingkat iluminansi yang diperlukan, maka warna lampu yang digunakan adalah jenis lampu dengan CCT sekitar > 5.000K (*daylight*) sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman. Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminansi yang tidak terlalu tinggi, maka warna lampu yang digunakan < 3.300 (*warm white*).

### **2.1.3. Perusahaan Listrik Indonesia PT. PLN (Persero)**

#### **2.1.3.1. Kenaikan Tarif Tenaga Listrik 2013 Perusahaan Listrik Indonesia PT. PLN (Persero)**

PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai satu-satunya perusahaan listrik yang hanya diperbolehkan untuk menjual listrik langsung kepada masyarakat Indonesia. Maka ada istilah TDL (Tarif Dasar Listrik) sebagai tarif untuk penggunaan listrik di Indonesia. Pada tahun 2013 TDL (Tarif Dasar Listrik) telah berganti nama menjadi TTL (Tarif Tenaga Listrik).

Pada tahun 2013, pemerintah melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 30 Tahun 2012 menetapkan penyesuaian Tarif Tenaga Listrik yang dilaksanakan secara bertahap per tiga bulan, yaitu ada empat kali penyesuaian tarif listrik selama tahun 2013.

Tarif Tenaga Listrik (TTL) 2013 berlaku mulai tanggal 1 Januari 2013 telah menggunakan perhitungan TTL yang baru menggantikan TTL 2010. Tidak semua pelanggan yang mengalami kenaikan TTL ini. Pelanggan 450 VA dan 900 VA dari seluruh golongan tarif tidak mengalami kenaikan TTL. Tabel 2.6. berikut menunjukkan daftar TTL tahun 2013:

Tabel 2.6. Tarif Tenaga Listrik (TTL) 2013

GOL TARIF	BATAS DAYA	REGULER						PRABAYAR (Rp./kWh)			
		BIAYA BEBAN (Rp./kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp./kVA/bulan)	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013
<b>GOLONGAN TARIF PELAYANAN SOSIAL</b>											
S-1/TR	220 VA	-	Abonemen per bulan (Rp)	14.800	14.800	14.800	14.800	-	-	-	-
S-2/TR	450 VA	10.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh	123	123	123	123	325	325	325	325
			Blok II : di atas 30 kWh s.d. 60kWh	265	265	265	265				
			Blok III : di atas 60 kWh	360	360	360	360				
S-2/TR	900 VA	15.000	Blok I : 0 s.d. 20 kWh	200	200	200	200	455	455	455	455
			Blok II : di atas 20 kWh s.d. 60kWh	295	295	295	295				
			Blok III : di atas 60 kWh	360	360	360	360				
S-2/TR	1.300 VA	*)		629	654	681	708				
S-2/TR	2.200 VA	*)		676	703	731	760				
S-2/TR	3.500 VA s.d. 200kVA	*)		789	824	862	90	629	654	681	708
S-3/TM	Di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times P \times$	635	667	700	735	676	703	731	760
			Blok LWBP = $P \times$	635	667	700	735	789	824	862	900
			kVArh =	799 ***)	839 ***)	881 ***)	925 ***)	-	-	-	-
<b>GOLONGAN TARIF RUMAH TANGGA</b>											
R-1/TR	s.d. 450 VA	11.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh	169	169	169	169	415	415	415	415
			Blok II : di atas 30 kWh s.d. 60kWh	360	360	360	360				
			Blok III : di atas 60 kWh	495	495	495	495				
R-1/TR	900 VA	20.000	Blok I : 0 s.d. 20 kWh	275	275	275	275	605	605	605	605
			Blok II : di atas 20 kWh s.d. 60kWh	44	44	44	44				
			Blok III : di atas 60 kWh	495	495	495	495				
R-1/TR	1.300 VA	*)		833	879	928	979	833	879	928	979
R-1/TR	2.200 VA	*)		843	893	947	1004	843	893	947	1004
R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)		948	1.009	1.075	1.145	948	1.009	1.075	1.145
R-3/TR	6.600 VA ke atas	**)	Blok I : 0 s.d. 55 jam nyala	980	1.225	1.290	1.352	1.336	1.342	1.347	1.352
			Blok II : di atas 55 jam nyala	1.380	1.380	1.380	-				
<b>GOLONGAN TARIF BISNIS</b>											
B-1/TR	450 VA	23.500	Blok I : 0 s.d. 30 kWh	254	254	254	254	535	535	535	535
			Blok II : di atas 30 kWh	420	420	420	420				
B-1/TR	900 VA	26.500	Blok I : 0 s.d. 108 kWh	420	420	420	420	630	630	630	630
			Blok II : di atas 108 kWh	465	465	465	465				
B-1/TR	1.300 VA	*)		835	876	920	966	835	876	920	966
B-1/TR	2.200 VA s.d. 5.500 VA	*)		950	998	1.048	1.100	950	998	1.048	1.100

Tabel 2.6. Lanjutan

GOL TARIF	BATAS DAYA	REGULER								PRABAYAR (Rp./kWh)	
		BIAYA BEBAN (Rp./kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp./kVA/bulan)	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013
B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	**)	Blok I : 0 s.d. 60 jam Blok II : di atas 60 jam	1.035 1.380	1.245 1.380	1.310 1.380	1.352	1.215	1.316	1.347	1.352
B-3/TM	di atas 200 kVA	***)	Blok WBP = K x Blok LWBP = kVArh =	880 880 963 ***)	925 925 1.013 ***)	975 975 1.067 ***)	1.020 1.020 1.117 ***)	-	-	-	-
<b>GOLONGAN TARIF INDUSTRI</b>											
I-1/TR	450 VA	26.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh Blok II : di atas 30 kWh	160 395	160 395	160 395	160 395	485	485	485	485
I-1/TR	900 VA	31.500	Blok I : 0 s.d. 72 kWh Blok II : di atas 72 kWh	315 405	315 405	315 405	315 405	600	600	600	600
I-1/TR	1.300 VA	*)		803	843	886	930	803	843	886	930
I-1/TR	2.200 VA	*)		830	871	915	960	830	871	915	960
I-1/TR	3.500 VA s.d. 14kVA	*)		961	1.009	1.059	1.112	961	1.009	1.059	1.112
I-2/TR	di atas 14 kVA s.d. 200 kVA	**)	Blok WBP = K x Blok LWBP = kVArh =	840 840 914 ****)	882 882 959 ****)	926 926 1.007 ****)	972 972 1.057 ****)	-	-	-	-
I-3/TM	di atas 200kVA	**)	Blok WBP = K x Blok LWBP = kVArh =	704 704 757 ****)	728 728 783 ****)	765 765 823 ****)	803 803 864 ****)	-	-	-	-
I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP = Blok LWBP/kVArh =	629 629 ****)	654 654 ****)	689 689 ****)	723 723 ****)	-	-	-	-
<b>GOLONGAN TARIF KANTOR PEMERINTAHAN DAN PENERANGAN JALAN UMUM</b>											
P-1/TR	450 VA	20.000		575	575	575	575	685	685	685	685
P-1/TR	900 VA	24.600		600	600	600	600	760	760	760	760
P-1/TR	1.300 VA	*)		920	961	1.004	1.049	920	961	1.004	1.049
P-1/TR	2.200 VA s.d. 5.500 VA	*)		929	976	1.024	1.076	929 1.218	976 1.265	1.024 1.317	1.076 1.352

Tabel 2.6. Lanjutan

GOL TARIF	BATAS DAYA	REGULER								PRABAYAR (Rp./kWh)	
		BIAYA BEBAN (Rp./kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp./kVA/bulan)	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013
P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	**)	Blok I : 0 s.d. 55 jam nyala Blok II : di atas 55 jam nyala	1.020 1.380	1.125 1.380	1.240 1.380	1.352	-	-	-	-
P-2/TM	di atas 200 kVA	***)	Blok WBP = K x Blok LWBP = kVArh =	795 795 862 ****)	843 843 913 ****)	893 893 968 ****)	947 947 1.026 ****)	-	-	-	-
P-3/TR	-	**)		861	904	949	997	861	904	949	997

GOL TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN (Rp./kVA/bulan)				BIAYA PEMAKAIAN (Rp./kVA/bulan) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)			
		1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013
<b>GOLONGAN TARIF TRAKSI</b>									
T/TM	di atas 200 kVA	26.375 *)	27.825 *)	29.355 *)	30.950 *)	Blok WBP = K x 411 Blok LWBP = 411 kVArh = 688 **)	Blok WBP = K x 434 Blok LWBP = 434 kVArh = 726 **)	Blok WBP = K x 458 Blok LWBP = 458 kVArh = 766 **)	Blok WBP = K x 483 Blok LWBP = 483 kVArh = 808 **)
<b>GOLONGAN TARIF CURAH (Bulk)</b>									
C/TM	di atas 200 kVA	*)	*)	*)	*)	Blok WBP dan LWBP = Q x 611 kVArh = Q x 611 **)	Blok WBP dan LWBP = Q x 642 kVArh = Q x 642 **)	Blok WBP dan LWBP = Q x 674 kVArh = Q x 674 **)	Blok WBP dan LWBP = Q x 707 kVArh = Q x 707 **)

GOL TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN (Rp./kVA/bulan)				BIAYA PEMAKAIAN (Rp./kWh)			
		1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013	1 Jan s.d. 31 Mar 2013	1 April s.d. 31 Juni 2013	1 Juli s.d. 31 Sept 2013	1 Okt s.d. 31 Des 2013
<b>GOLONGAN TARIF LAYANAN KHUSUS</b>									
L/TR, TM, TT	-	-	-	-	-	1.500 *)	1.550 *)	1.600 *)	1.650 *)

**CATATAN:**

- \*) Pada semua golongan tarif, kecuali Traksi, Curah, dan Layanan Khusus, diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM\ 1 = 40\ (\text{Jam Nyala}) \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$

Tabel 2.6. Lanjutan

**CATATAN:**

2. \*) Pada golongan tariff Traksi, perhitungan biaya beban didasarkan pada hasil pengukuran daya maksimum bulanan untuk:
  - a) Daya maksimum bulanan > 0,5 dari daya tersambung, biaya beban dikenakan sebesar daya maksimum terukur.
  - b) Daya maksimum bulanan < 0,5 dari daya tersambung, biaya beban dikenakan 50% daya tersambung terukur.
3. \*) Pada golongan tarif Layanan Khusus, sebagai tarif maksimum. Di dalam mengimplementasikan, angka tarif ini dikalikan terhadap faktor pengali "N" dengan nilai "N" tidak lebih dari 1 (satu).
4. \*\*) Pada golongan tarif Pelayanan Sosial dan Industri, diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM\ 2 = 40\ (\text{Jam Nyala}) \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok LWBP}.$
5. \*\*) Pada golongan tarif Rumah Tangga, Bisnis, dan Kantor Pemerintahan & Penerangan Jalan Umum, diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM\ 2 = 40\ (\text{Jam Nyala}) \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok 1}.$
6. \*\*) Pada golongan tarif Traksi, biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVARh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
7. \*\*\*) Pada golongan tarif Bisnis dan Kantor Pemerintah & Penerangan Jalan Umum, diterapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM\ 3 = 40\ (\text{Jam Nyala}) \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP}.$
8. \*\*\*) Pada golongan tarif Industri, ditetapkan Rekening Minimum (RM):  
 $RM\ 3 = 40\ (\text{Jam Nyala}) \times \text{Daya Tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP}.$
9. \*\*\*\*) Pada golongan tarif Pelayanan Sosial, Bisnis, Industri, Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum, Traksi dan Curah (*Bulk*), biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVARh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
10. Jam Nyala = kWh perbulan dibagi dengan kVA tersambung.
11. K = Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistek kelistrikan setempat ( $1,4 \leq K \leq 2$ ) ditetapkan Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT. Perusahaan Listrik Negara.
12. P = Faktor pengali untuk pembeda antara S-3 bersifat sosial murni dengan S-3 bersifat komersial. Untuk pelanggan S-3 bersifat sosial murni P = 1, untuk pelanggan S-3 bersifat sosial komersial P = 1,3.
13. Q = Faktor pengali untuk pembeda antara konsumen komersial dan konsumen non-komersial ( $0,8 \leq Q \leq 2$ ), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT. Perusahaan Milik Negara.
14. WBP = Waktu Beban Puncak.
15. LWBP = Luar Waktu Beban Puncak.

### 2.1.3.2. Jenis Golongan Tarif PT. PLN (Persero)

Pelanggan tarif Rumah Tangga adalah pelanggan perseorangan atau badan sosial yang tenaga listriknya digunakan untuk keperluan rumah tangga. Contoh yang termasuk di dalam golongan rumah tangga diantaranya:

1. Rumah untuk tempat tinggal.
2. Kelompok rumah kontrakan.
3. Rumah susun milik perorangan.
4. Rumah susun milik perumnas.
5. Asrama keluarga pegawai perusahaan swasta.
6. Asrama mahasiswa.

Pelanggan yang termasuk dalam golongan tarif Sosial adalah pelanggan badan sosial yang tenaga listriknya digunakan untuk kegiatan sosial. Khusus golongan tarif S-3 dibedakan kegiatan Sosial Murni dengan Sosial Komersial. Perbedaan penggolongan antara Sosial Murni dan Sosial Komersial adalah:

#### 1. Kegiatan Sosial Murni:

Kegiatan menyangkut kepentingan orang kebanyakan strata sosial bawah.

Contoh:

- a. Rumah Sakit milik instansi Pemerintah Pusat atau Daerah.
- b. Bangunan untuk khusus ibadah agama (masjid, gereja, kuil, vihara, kelenteng, atau sejenisnya).
- c. Panti sosial (yatim-piatu, jompo).
- d. Pusat rehabilitasi sosial (narkotika, penyakit kusta).
- e. Pusat rehabilitasi penderita cacat pemerintah.
- f. Pusat rehabilitasi penderita cacat mental.
- g. Asrama pelajar/mahasiswa milik pemerintah.
- h. Asrama haji pemerintah.
- i. Pusat pendidikan keagamaan (Sekolah Theologi/Pondok pesantren).
- j. Gedung kantor partai politik dan afiliasi.
- k. Museum milik pemerintah/pemerintah daerah.
- l. Kebun bintang milik pemerintah/pemerintah daerah.

#### 2. Kegiatan Sosial Komersial:

Menyangkut pelayanan untuk strata sosial menengah ke atas, terutama yang lebih berorientasi ke arah pengembangan (*self propelling growth*).

Contoh:

- a. Sekolah atau perguruan tinggi swasta.
- b. Rumah sakit swasta.
- c. Poliklinik atau Praktek dokter bersama.
- d. Lembaga riset swasta.
- e. Yayasan pengelola haji non-pemerintah (ONH-plus).
- f. Pusat pendidikan dan latihan perusahaan swasta (pusdiklat Garuda, pusdiklat Bank Mandiri, Pusdiklat Unilever, Lembaga pendidikan Indonesia – Amerika, dan lain-lain).

## 2.2. **Total Cost of Ownership (TCO)**

*Total Cost of Ownership* adalah estimasi biaya yang digunakan oleh pembeli atau perusahaan yang ingin melakukan investasi peralatan untuk menentukan biaya langsung (*direct costs*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*) dari suatu produk atau sistem. Konsep *TCO* berdasarkan pada teori biaya transaksi (*transaction cost theory*) oleh Williamson (1985). *TCO* memandang melampaui investasi modal awal dengan mempertimbangkan dukungan teknis, administrasi, resiko, dan lain-lain.

Apabila *TCO* ini digunakan untuk menghitung keuntungan finansial, *TCO* dapat memberikan data biaya untuk menentukan nilai ekonomi dari sebuah investasi yang dilakukan. Seperti contohnya: *return on investment*, *internal rate of return (IRR)*, *economic value added*, *return on information technology*, dan *rapid economic justification*. Analisis *TCO* biasa menggunakan data seperti biaya total yang dikeluarkan dan biaya operasi. Perusahaan dapat menggunakan *TCO* sebagai pembanding produk atau proses. *TCO* dapat dihubungkan secara langsung dengan aset sebuah perusahaan dan biaya total sistem dari berbagai proyek/proses sehingga dapat memberikan gambaran mengenai keuntungan yang didapatkan sepanjang waktu.

*TCO* di bidang industri komputer dan perangkat lunak dipopulerkan oleh Gartner Group pada tahun 1987. Berbagai macam metodologi dan perangkat lunak dikembangkan untuk menganalisis *TCO* yang berusaha mengkuantifikasi dampak finansial dengan menggunakan produk teknologi informasi melalui siklus hidup produk tersebut. Dalam hal penggunaan teknologi komputer dan perangkat lunak, berikut ini dapat digunakan untuk menentukan *TCO* yaitu:

1. Perangkat Keras dan Lunak Komputer:
  - a. Perangkat keras dan lunak sistem jaringan.
  - b. Perangkat keras dan lunak *server*.
  - c. Perangkat keras dan lunak *workstation*.
  - d. Instalasi dan integrasi perangkat keras dan lunak.
  - e. Pembelian penelitian.
  - f. Garansi dan lisensi.
  - g. Pemenuhan dan pelacakan lisensi.
  - h. Biaya migrasi.
  - i. Resiko: rentan terhadap kerusakan, memiliki peluang untuk melakukan *upgrade*, *patches* dan kebijakan lisensi yang akan datang, dan lain-lain.
2. Biaya Operasi:
  - a. Infrastruktur (ruang lantai).
  - b. Listrik (untuk peralatan, pendingin, tenaga cadangan)
  - c. Biaya percobaan.
  - d. Kerusakan, kekurangan listrik, dan biaya yang terbuang.
  - e. Performansi yang berkurang.
  - f. Keamanan.
  - g. *Backup* dan proses *recovery*.
  - h. Latihan mengenai teknologi.
  - i. Audit (internal dan eksternal).
  - j. Asuransi.
  - k. Pegawai teknologi informasi.
  - l. Manajemen korporasi.
3. Biaya Jangka Panjang:
  - a. Penggantian peralatan.
  - b. Peningkatan peralatan di masa yang akan datang.
  - c. Pemecatan.

*TCO* digunakan secara luas di bidang transportasi. Seperti contoh, *TCO* menentukan hasil biaya dari kepemilikan sebuah kendaraan dari waktu pembelian oleh pemiliknya, sampai biaya operasi dan perawatan ketika kendaraan tersebut meninggalkan pemilik. *TCO* digunakan untuk membantu konsumen menentukan kendaraan yang cocok akan kebutuhan dan biaya. Berikut ini dapat digunakan untuk menentukan *TCO* di bidang transportasi yaitu:

1. Biaya depresiasi.

2. Biaya bahan bakar.
3. Asuransi.
4. Finansial.
5. Perbaikan.
6. Biaya pajak.
7. Biaya pemeliharaan.
8. Biaya ketika ada kesempatan.
9. Biaya akibat *downtime*.

Ritsma dkk (2009) memberikan rumusan dalam menentukan *TCO* untuk melakukan pembelian suatu produk:

$$TCO = C_e + \sum_{year=1}^n \left[ \frac{C_{pm} + C_{cm} + C_{op} + C_{sd} + C_r}{(1+i)^{year}} \right] + \frac{C_{eol}}{(1+i)^n} \quad (2.2)$$

- $C_e$  = biaya investasi (komponen, instalasi, infrastruktur)
- $C_{pm}$  = biaya pemeliharaan untuk pencegahan / tahun
- $C_{cm}$  = biaya pemeliharaan untuk perbaikan / tahun
- $C_{op}$  = biaya operasional / tahun
- $C_{sd}$  = biaya penutupan / tahun
- $C_r$  = biaya perbaikan / tahun
- $C_{eol}$  = biaya *salvage* (waktu hidup berakhir)
- $i$  = inflasi / tahun

Biaya *salvage* ( $C_{eol}$ ) dalam praktek tidak dimasukkan ke dalam perhitungan untuk *TCO* di bidang instalasi elektronik. Biaya *salvage* ini biasanya tidak dapat diketahui kapan waktu hidupnya berakhir bahkan di dalam prakteknya (bukan rusak).

TCO dapat dibagi menjadi tiga aspek sebagai berikut:

**Tabel 2.7. Tiga Aspek Pembagian Biaya TCO**

<b>CONTROLLED</b>	<b>COST ITEM</b>	<b>UNCONTROLLED (RISK)</b>
<i>According specification</i> ←	$C_e = \text{cost of erection}$	
<i>According program</i> ←	$C_{pm} = \text{preventive maintenance costs}$	
	$C_{cm} = \text{corrective maintenance costs}$ →	$\text{Risk} = \text{probability} \times \text{effect}$
<i>Calculation</i> ←	$C_{op} = \text{operational costs}$	
<i>When planned</i> ←	$C_{sd} = \text{shut down costs}$ →	$\text{Risk} = \text{probability} \times \text{effect}$
	$C_r = \text{repair costs}$ →	$\text{Risk} = \text{probability} \times \text{effect}$
	$C_{eol} = \text{end of life costs}$ →	$\text{Risk} = \text{probability} \times \text{effect}$

*Controlled* artinya biaya barang tertentu bias dihitung secara terperinci dan tidak dipengaruhi spekulasi atau opini. Seperti contohnya, dalam  $C_{pm}$  apabila sebuah perusahaan memberikan nasihat untuk menjalankan biaya pemeliharaan untuk pencegahan dan biayanya dapat diketahui, maka dengan jelas biaya dapat dimasukkan ke dalam TCO.

*Uncontrolled* artinya biaya barang biasanya diakibatkan karena perubahan kemungkinan kapan barang tersebut akan rusak selama masa hidup barang tersebut. Apabila hal tersebut terjadi, maka halangan ini akan memiliki dampak besar dan kecil pada proses produksinya. Dalam kasus terparah, halangan bahkan dapat mengakibatkan berhentinya semua proses sehingga terjadi biaya kerugian yang sangat besar. Hal yang tidak dapat diprediksi ini sulit untuk ditaksir sehingga disebut sebagai Resiko (*Risk*). Salah satu alat yang dipakai untuk menentukan *Risk* adalah *Risk Assessment Matrix*. Matriks ini menunjukkan keseluruhan antara konsekuensi dan kemungkinan.

**Tabel 2.8. Risk Assessment Matrix**

PROBABILITY OF OCCURANCE		CONSEQUENCES			
	Frekuensi per Tahun	Catastrophic	Severe	Serious	Moderate
Daily	1000	VH	VH	VH	VH
Weekly	100	VH	VH	H	M
Monthly	10	VH	VH	H	M
Yearly	1	VH	H	M	L
Frequently	0,1	VH	H	M	L
Probable	0,01	H	M	L	N
Possible	0,001	H	M	L	N
Not likely	0,0001	M	L	N	N
Almost impossible	0,00001	L	L	N	N

VH = Very High

H = High

M = Medium

L = Low

N = No

Di dalam perhitungan *TCO*, ada biaya investasi tahunan yang dihitung dengan menggunakan *Equivalent Annual Cost (EAC)* yang merupakan biaya pertahun untuk biaya pemilikan dan biaya pengoperasian aset selama masa hidupnya. *EAC* dapat dihitung dengan rumus:

$$EAC = \frac{NPV}{A_{t,r}} \quad (2.3)$$

- *EAC* = *Equivalent Annual Cost*
- *NPV* = *Net Present Value*
- *A<sub>t,r</sub>* = *Annuity Factor*

### 2.3. Evaluasi Sistem Energi dan Rekomendasi Perbaikan Bangunan Kampus UAJY (2009)

Referensi ini merupakan hasil laporan akhir dari audit energi bangunan kampus UAJY yang telah dilakukan Pusat Studi Energi (PSE) UAJY pada tahun 2009. Audit energi ini menghasilkan berbagai rekomendasi dari tindakan non-investasi, investasi kecil, dan investasi besar yang dapat menghemat hingga Rp. 43.325.938 perbulan dan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dapat diturunkan dari 12,75 (cukup efisien) menjadi 8,84 (efisien).

Hasil rekomendasi yang disarankan adalah sebagai berikut:

1. Penggantian Peralatan Tata Cahaya.
  - a. Menurunkan standar minimal intensitas cahaya untuk kegiatan membaca dari 300 lux menjadi 200 lux dan memakai lampu sejenis Phillips EBE berbalas elektronik. Lampu diletakkan pada ketinggian 3 meter dari lantai, sehingga lampu-lampu yang lebih tinggi dari ketinggian itu perlu diturunkan.
  - b. Menyesuaikan (*relayout*) letak lampu.
  - c. Mengubah cat permukaan dinding yang gelap (refleksi dibawah 0.7) dengan warna yang lebih terang (refleksi di atas 0.7). Mengubah cat kosen ke warna terang agar tidak terjadi kontras tinggi Antara cahaya luar (langit) dengan rangka jendela (kosen) yang akan menyebabkan persepsi silau.
  - d. Mengganti tirai berwarna gelap dengan warna terang. Untuk ruang-ruang yang memerlukan penggelapan (untuk pancaran *LCD projector*)
  - e. Mengatur saklar lampu (*regrouping*) agar lampu dapat diatur sebagai pengisi bagian agak gelap pada siang hari. Ini berarti lampu-lampu yang di dekat jendela tetap mati.
  - f. Untuk meja dosen atau karyawan yang memerlukan cahaya untuk kerja detail dapat dipakai lampu meja.
  - g. Merancang atau menata ulang peletakan meja agar meja dengan frekuensi pemakaian tinggi dapat terletak di dekat bukaan.
  - h. Memasang sensor cahaya dan gerak yang akan mematikan lampu secara otomatis bila cahaya cukup atau tidak ada tanda-tanda kegiatan di dalam ruang.
  - i. Mengecat bagian reflector pada armature lampu yang telah pudar dengan cat putih mengilap.
  - j. Secara bertahap membongkar dinding tak-tembus cahaya dengan partisi tembus cahaya pada ruang-ruang yang tidak memerlukan privasi tinggi.

## 2. Penggantian Peralatan Tata Udara.

- a. Mengatur agar AC hanya dapat dinyalakan setelah jam 10.00 hingga 16.00. Setelah itu *timer* dapat memberi tambahan per satu jam.
- b. Mengatur suhu minimal thermostat 26°C dan menambahkan kipas angin listrik model langit-langit (berputar pelan) untuk meratakan udara dingin dan menambah kecepatan angin.
- c. Memasang kipas angin *exhauster* dan *blower* untuk mengganti udara dalam ruang di malam hari.
- d. Mengatur *mode* AC pada *fan* saat kondisi suhu udara luar <27°C.
- e. Pada ruang besar yang dibagi menjadi ruang-ruang kecil dengan partisi, dibuat lubang ventilasi bawah pada partisi, dengan ambang bawah paling tinggi 15 cm dari lantai, untuk meratakan udara sejuk keseluruh ruangan. Lubang ventilasi bawah dibuat dengan lebar setidaknya 40 cm dan ketinggian setidaknya 20 cm, dilengkapi kisi-kisi untuk keamanan.
- f. Pintu ruang berAC harus diberi *doorcloser*.
- g. Meminimalkan sumber panas dan kelembapan di dalam ruang.
- h. Mengganti AC dengan kapasitas pendinginan  $\leq 1$  pk dengan AC *low-wattage* (secara bertahap).
- i. Memasang tirai variable di sisi luar untuk mencegah radiasi matahari masuk melalui jendela-jendela di sisi utara, timur, dan barat (untuk ruang yang digunakan melakukan kegiatan, bukan gudang, toilet, atau sejenisnya).

## 3. Penggantian Peralatan Monitor Komputer.

- a. Mengganti monitor *CRT* dengan *LCD*.
- b. Menyediakan internet *hotspot* dan colokan listrik untuk mendorong mahasiswa, dosen, dan karyawan membawa laptop masing-masing, daripada memakai *desktop* di kampus.

## 4. Penggantian Peralatan Utilitas.

- a. Mengurangi bak air secara bertahap, diganti dengan *spray hose*.
- b. Mengecek efisiensi gelontor keran air urinoir.

Hasil dari audit energi PSE UAJY pada tahun 2009 telah memberikan rekomendasi-rekomendasi yang penting untuk melakukan penghematan yang sangat besar. Namun rekomendasi ini belum 100% dapat berjalan efektif untuk dilaksanakan karena faktor-faktor berikut:

1. Dana yang diperlukan untuk melakukan investasi kecil dan besar yang bersifat jangka panjang.

2. Kondisi peralatan saat itu yang masih baru dan baik sehingga terjadi pemborosan apabila diganti.
3. Kemajuan teknologi yang lebih efektif dan efisien sangat cepat sehingga sulit untuk menentukan waktu yang tepat untuk melakukan penggantian peralatan.

Masalah pada hasil audit energi ini adalah seperti contohnya monitor *LCD* yang digunakan sebagai rekomendasi. Pada tahun 2011 yaitu dua tahun setelah dilakukan audit, monitor *LED* sebagai penerus *LCD* telah menguasai pasar dikarenakan harga, kualitas, dan konsumsi energinya yang lebih baik dibandingkan *LCD*. Masalah peralatan di bidang tata cahaya juga memiliki hal yang sama yaitu kemajuan teknologi lampu. Hal ini mengakibatkan implementasi hasil audit energi ini memerlukan waktu yang tepat untuk dilaksanakan terutama untuk tindakan investasi kecil dan besar.

Dikarenakan masalah yang disebutkan di atas maka pada tahun 2013 dilakukan penggantian peralatan tata cahaya. Titik lampu *TL* di Gedung Bonaventura diganti dengan lampu *LED* yang lebih tinggi biaya investasinya tetapi lebih hemat energi dan lebih efektif dibandingkan lampu *TL*.

Penggantian dari lampu *TL* ke lampu *LED* ini tidak menjamin terjadinya penghematan dikarenakan biaya untuk mengganti lampu *LED* 4,6 kali lipat lebih mahal dibandingkan lampu *TL*. Maka praktek langsung perlu dilakukan apakah setelah melakukan penggantian lampu ini dapat lebih menghemat energi listrik atau sebaliknya hanya terjadi pemborosan dan bagaimana performansi dari lampu jenis *LED* ini di dalam prakteknya.

Selain masalah mengenai penggantian peralatan lampu, tindakan non-investasi juga cukup mempengaruhi tingkat penghematan. Kanopi, tirai, jenis cat dinding, dan lain-lain juga memiliki potensi dalam upaya penghematan di bidang tata cahaya. *Continuous improvement* penting dilaksanakan dalam masalah ini karena upaya penghematan ini hampir tidak perlu mengeluarkan biaya.