

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi uraian Tinjauan Pustaka diuraikan mengenai energi, manajemen energi, audit energi dan performa energi pada bangunan.

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi uraian metodologi penelitian tentang: bahan atau materi penelitian, alat, langkah-langkah penelitian, analisis hasil serta cara pemecahannya.

## **BAB IV. KONDISI SAAT INI**

Berisi data-data hasil penelitian terkait kondisi saat ini yaitu gedung laboratorium komputer Universitas Nusa Nipa dan Gedung Yayasan Pendidikan Tinggi Nusa Nipa, Maumere.

## **BAB V. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat hasil penelitian, eksperimen dan pembahasan terpadu secara jelas dan tepat.

## **BAB VI. KESIMPULAN**

Bab ini memuat kesimpulan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **3.1 Energi**

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (usaha). Energi merupakan besaran yang kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain. Satuan energi menurut Satuan Internasional (SI) adalah joule.

Menurut Arif Alfatah & Muji Lestari (2009), energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda agar benda dapat melakukan usaha. Dalam kenyataannya setiap dilakukan usaha selalu ada perubahan. Sehingga usaha juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyebabkan perubahan. Sedangkan menurut Campbell, Reece, & Mitchell (2002), energi adalah kemampuan untuk mengatur ulang suatu kumpulan materi atau dengan kata lain, energi adalah kapasitas atau kemampuan untuk melaksanakan kerja. Alvin Hadiwono (2007), mengemukakan bahwa energi adalah perihal tentang apapun yang bergerak, berhubungan dengan ruang dan waktu. Menurut Sumantoro (1993), Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha seperti mendorong dan menggerakkan suatu benda.

Pelaksanaan penghematan energi oleh Pengguna Sumber Energi dan Pengguna Energi dilakukan melalui<sup>4</sup> :

1. Sistem tata udara,
2. Sistem tata cahaya,
3. Peralatan pendukung,
4. Proses produksi, dan/atau
5. Peralatan pemanfaat energi utama.

---

<sup>4</sup> Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No: 14 tahun 2012

Energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain merupakan energi listrik.

Satuan daya = joule/detik sering disebut sebagai watt. Satuan energi juga dapat dinyatakan dalam watt, yaitu watt-jam atau Wh.

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 3600 \text{ kJ}$$

Pengertian energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain). Energi listrik dilambangkan dengan W.

### **3.2 Manajemen energi**

George R. Terry (1986) mengemukakan bahwa manajemen adalah suatu proses yang terdiri dari rangkaian kegiatan, seperti perencanaan, pengorganisasian, penggerakan dan pengendalian/pengawasan, yang dilakukan untuk menentukan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan melalui pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012, Manajemen energi adalah kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan

teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung.

### **3.2.1 Matrik Manajemen Energi**

Matrik manajemen energi merupakan sebuah tabel yang berfungsi sebagai suatu alat untuk membantu perusahaan dalam menganalisa penggunaan energi. Melalui matrik ini kelebihan dan kekurangan sistem manajemen energi yang digunakan disebuah bangunan dapat diketahui.

Matrik Manajemen energi meliputi enam area pokok dari manajemen energi yaitu :

1. Kebijakan energi

Kebijakan energi merupakan sebuah bentuk regulasi yang berhubungan dengan penggunaan energi di suatu badan usaha. Kebijakan-kebijakan yang dibuat bukan hanya diterapkan pada bagian-bagian tertentu dari sebuah badan usaha melainkan harus diterapkan pada semua bagian mulai dari level top manajemen sampai level operator.

2. Organisasi

Organisasi disini lebih mengacu pada mengorganisasi orang, alokasi tanggungjawab dan bagaimana mengintegrasikan ini semua ke fungsi-fungsi manajemen lainnya. Interaksi antara departemen yang satu dengan yang lain dibutuhkan untuk mendukung sistem manajemen energi.

3. Motivasi

Motivasi yang dimaksudkan adalah bagaimana untuk mengubah sikap dari

para staf yang ada dalam penggunaan energi yang lebih baik didalam lingkungan mereka. Oleh karena motivasi ini lebih ke arah bagaimana untuk mengubah behavior para staf dalam menggunakan energi, maka tanggung jawab dan kesadaran dari semua staf yang ada akan sangat diperlukan.

#### 4. Sistem Informasi

Sistem informasi berhubungan dengan proses pengumpulan dan pencatatan data mengenai energi dimana data tersebut akan diolah lalu dilaporkan dalam bentuk yang sesuai. Melalui hal ini akan dapat diketahui bagaimanakah performa dari energi yang digunakan.

#### 5. Marketing

Marketing disini bukan berarti memasarkan, mencari pelanggan melainkan marketing yang dimaksud adalah mempublikasikan keberhasilan dari sistem manajemen energi yang akan diterapkan baik di dalam dan di luar organisasi yang ada.

#### 6. Investasi

Investasi berhubungan dengan keputusan. Bila sebuah perusahaan ingin

menerapkan sebuah sistem manajemen energi, maka perusahaan perlu memiliki kebijakan investasi karena untuk bisa menerapkan sebuah sistem manajemen energi, dana yang dibutuhkan cukup besar.

### **3.2.2 Kerangka Program Manajemen Energi**

Berikut disampaikan kerangka program manajemen energi yang dilampirkan dalam AS/NSA 3598:2000 *Energy Audit*. Standar Australia ini mendefinisikan program energi sebagai program untuk mencapai dan mempertahankan efisiensi dan efektivitas penggunaan energi termasuk kebijakan, pelatihan, perencanaan aktivitas, tanggung jawab dan sumber daya yang mempengaruhi kinerja organisasi dalam mencapai maksud dan tujuan dari kebijakan energi. Program manajemen energi adalah program terencana yang bertujuan untuk mengurangi anggaran biaya energi suatu organisasi dengan menawarkan peningkatan kenyamanan bagi pengguna dan mengurangi akibat yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Manajemen energi meliputi :

- a. Anggaran energi untuk menyiapkan anggaran sumber energi yang dibutuhkan.
- b. Mengumpulkan dan menganalisis data pemakaian energi saat ini.
- c. Melaksanakan audit energi untuk mengetahui di mana dan bagaimana mengaktifkan pemakaian energi.
- d. Menerapkan penghematan energi.
- e. Secara berkala melaporkan penghematan yang telah dicapai.

Ada 2 strategi pokok manajemen energi yaitu :

- a. Konservasi energi – menghindari pemakaian energi yang tidak perlu dan pengurangan permintaan pada pelayanan yang berkaitan dengan energi.
- b. Efisiensi energi – pengurangan pemakaian energi pada saat penggunaan. Penerapan strategi manajemen energi yang sesuai akan sangat mempengaruhi pengurangan dalam pembiayaan dari servis dan pengiriman barang dan peningkatan kualitas servis.

Penerapan strategi manajemen energi yang sesuai akan sangat mempengaruhi pengurangan dalam pembiayaan dari servis dan pengiriman barang, dan peningkatan kualitas servis. Kesuksesan dari program akan sangat bergantung pada:

- a. Komitmen menyeluruh dari seluruh bagian dalam organisasi tersebut, mulai dari manajer senior sampai ke bawahan.
- b. Sistem pelaporan yang efektif dimana dapat dipertanggungjawabkan pada manajer dalam penggunaan energi.
- c. Perhatian dari staf dan program pelatihan.

### **3.3 Audit Energi**

Secara umum audit energi adalah kegiatan untuk mengidentifikasi dimana dan berapa energi yang digunakan serta langkah-langkah apa yang dapat dilakukan dalam rangka konservasi energi pada suatu fasilitas pengguna energi. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012, Audit Energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi.

Dapat juga diartikan yaitu suatu prosedur pencatatan penggunaan energi secara sistematis dan berkesinambungan, melalui pengumpulan data kemudian diikuti dengan analisa dan pendefinisian kegiatan konservasi energi yang akan dilaksanakan. Gabungan antara pengumpulan data, analisa data dan definisi kegiatan konservasi disebut sebagai audit energi.

Jangkauan audit energi dimulai dari survei data sederhana hingga pengujian data yang sudah ada secara rinci, dianalisis dan dirancang untuk menghasilkan data baru. Lamanya pelaksanaan suatu audit bergantung pada besar dan jenis fasilitas yang diteliti dan tujuan dari audit itu sendiri.

Dalam Pedoman Teknis Audit Energi Dalam Implementasi Konservasi Energi Dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri (2011), Survei awal atau Audit Energi Awal (AEA) terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Survei manajemen energi



Surveyor (atau auditor energi) mencoba untuk memahami kegiatan manajemen yang sedang berlangsung dan kriteria putusan investasi yang mempengaruhi proyek konservasi.

## 2. Survei energi (teknis)

Bagian teknis dari AEA secara singkat mengulas kondisi dan operasi peralatan dari pemakai energi yang penting (misalnya sistem HVAC) serta instrumentasi yang berkaitan dengan efisiensi energi.

AEA sangat berguna untuk mengenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek. Contoh tindakan yang dapat diidentifikasi dengan mudah ialah hilang atau cacatnya insulasi, kebocoran uap dan udara-tekan, peralatan yang tidak dapat digunakan, kurangnya kontrol yang tepat terhadap perbandingan udara dan bahan bakar di dalam peralatan pembakar. AEA seharusnya juga mengungkapkan kurang sempurnanya pengawasan manajemen energi. Hasil yang khas dari AEA ialah seperangkat rekomendasi tentang tindakan berbiaya rendah yang segera dapat dilaksanakan dan rekomendasi audit yang lebih baik.

Audit Energi Terinci (AET) biasanya dilakukan sesudah AEA, dan akan membutuhkan waktu yang lebih lama dari AEA tergantung pada sifat penelitian. Jenis uji yang dijalankan selama audit energi terinci mencakup uji efisiensi pembakaran, pengukuran suhu dan aliran udara pada peralatan utama yang menggunakan bahan bakar, penentuan penurunan faktor daya yang disebabkan

oleh berbagai peralatan listrik, dan uji sistem proses untuk operasi yang masih di dalam spesifikasi. Tujuan audit energi adalah untuk menentukan cara yang terbaik untuk mengurangi penggunaan energi per satuan output dan mengurangi biaya operasi/biaya produksi.<sup>5</sup>

### 3.3.1 Standar Audit Energi

Standar yang harus digunakan dalam audit energi haruslah standar yang berlaku yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Instansi khusus masalah standar di Indonesia, adalah Badan Standarisasi nasional (BSN). Standar-standar yang biasa digunakan secara internasional antara lain :

1. BOCA, *international energy conservation code 2000*
2. ASHRAE, *Standard 90.1 : energy efficiency.*
3. BOMA, *Standard method for measuring floor area in office buildings*

### 3.3.2 Macam-macam Audit Energi

Jenis dari Audit energi bukan hanya satu jenis saja melainkan audit energi ada bermacam-macam jenis dimana tiap jenis memiliki fungsi masing-masing. Adapun jenis-jenis audit energi tersebut dapat dibagi menjadi beberapa bentuk, seperti *walking audit*, *preliminary audit*, *detailed audit*, dan *energy management plan and implementation action*.(Lybery.MD, 1981).

---

<sup>5</sup> Pedoman Teknis Audit Energi Dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri (Fase I); 2011

*a. Walking audit*

Walking audit ini sering disebut dengan mini audit. Audit yang dilakukan secara sederhana, tanpa perhitungan yang rinci, hanya melakukan analisis secara sederhana. Umumnya fokus audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak terlalu memerlukan biaya investasi yang besar.

*b. Preliminary audit*

Audit yang hanya dilakukan pada bagian vital saja. Analisa didapat dengan melakukan perhitungan yang cukup jelas. Audit ini meliputi indentifikasi mesin, analisis kondisi aktual, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi dan beberapa usulan

*c. Detailed audit*

Audit energi yang dilakukan secara menyeluruh terhadap seluruh aspek yang mengkonsumsi energi listrik beserta semua kemungkinan penghematan yang dapat dilakukan. Biasanya dilakukan oleh lembaga auditor yang profesional dalam jangka waktu tertentu. Pelaksanaan audit didahului dengan analisis biaya audit energi, indentifikasi mesin, analisis kondisi aktual dan menghitung semua konsumsi energi. Konsumsi energi ini meliputi energi primer dan energi sekunder. Selain itu dilakukan perhitungan pemborosan energi, kesempatan konservasi energi, sampai beberapa usulan untuk melakukan penghematan energi beserta dengan dampak dari usulan tersebut. Untuk mencari kemungkinan penghematan maka harus diketahui terlebih dahulu analisa biaya audit energi,

identifikasi gedung, analisa kondisi sesungguhnya dan menghitung semua penggunaan energi.

*d. Energy management plan and implementation action*

Audit energi yang dilakukan adalah suatu alat dalam manajemen energi.

Pada dasarnya audit ini sama dengan *detailed audit*, akan tetapi audit ini dilakukan secara berkesinambungan, dalam jangka waktu yang cukup lama. Audit energi ini dimulai dengan membentuk sebuah organisasi manajemen energi. Hasil dari audit menjadi masukan utama bagi sistem manajemen energi untuk melakukan pengaturan energi secara terpadu.

Tahap yang dilakukan untuk melakukan suatu audit energi yang sederhana, khususnya untuk gedung bertingkat adalah :

a. Menetapkan batasan masalah.

Langkah pertama adalah menetapkan batasan sistem, bagian mana saja dari sebuah perusahaan atau gedung bertingkat yang akan diaudit.

b. Membentuk sebuah tim audit

Tim audit ini bekerja sama dengan operator peralatan dan perlengkapan gedung, elektrik dan mekanikal gedung, serta konsultasi dalam proyek yang di-audit.

c. Analisis kondisi aktual

Beberapa hal yang dilakukan dalam analisis kondisi aktual adalah mendapatkan data teknik, petunjuk dan brosur peralatan elektrik dan

mekanikal. Kemudian melakukan identifikasi penggunaan energi, seperti berapa banyak kebutuhan energi yang digunakan.

d. Menghitung penghematan

Melakukan perhitungan besarnya energi yang dapat dihemat. Suatu hal yang harus diperhatikan adalah besarnya penghematan energi tidak linier terhadap investasi yang digunakan.

e. Laporan audit

Laporan audit memuat semua aspek yang dapat ditemukan dalam auditing, seperti pola konsumsi dan pemborosan yang terjadi. Pada laporan ini juga disertakan prioritas penghematan energi pada bagian tertentu dari objek yang di-audit.

f. Analisis penghematan

Dalam laporan ini juga disertakan beberapa usulan seperti adanya piranti yang dapat ditambahkan beserta dengan analisis dampak yang akan ditimbulkan.

g. Evaluasi penghematan

Setelah melakukan penghematan dalam jangka waktu tertentu dilakukan evaluasi secara berkala.

### **3.3.3 Nilai Intensitas Konsumsi Energi**

Salah satu ukuran hemat tidaknya suatu bangunan dalam memakai energi adalah Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

adalah perbandingan antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung.

$$IKE \text{ (kWh/m}^2\text{)} = \frac{\text{Total konsumsi listrik}}{\text{Luas area}}$$

Perhitungan Indeks Konsumsi Energi (IKE) menggunakan hasil penelitian ASEAN-USAID standar IKE untuk gedung perkuliahan adalah 240 kWh/m<sup>2</sup> per tahun. Nilai dari IKE ini adalah standar pada tahun 1992 yang diterapkan pada SNI 05-3052-1992. Sedangkan potensi penghematan merupakan hasil analisis Intensitas Konsumsi Energi untuk selanjutnya dibandingkan dengan standar yang digunakan (SNI, BSN), jika didapati IKE lebih besar dari IKE standar maka ada potensi penghematan.

$$\text{Potensi penghematan} = \frac{\Delta \text{IKE (intensitas konsumsi energi)} \times \text{tarif listrik}}{12 \text{ bulan/ tahun}}$$

Tabel 2.1 Standar Intensitas Konsumsi Energi

Kriteria kWh/m <sup>2</sup> .tahun (kWh/m <sup>2</sup> .bulan)	Keterangan
Sangat efisien 50,04-95,04 (4,17-7,92)	Desain gedung sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi; Pengoperasian peralatan energi dengan menerapkan prinsip manajemen energi; Pemeliharaan gedung dan peralatan energi dilakukan sesuai prosedur.
Efisien 95,04-144,96 (7,92-12,08)	Pengelolaan gedung/peralatan energi dilakukan dengan prinsip manajemen energi; Pemeliharaan peralatan dilakukan sesuai dengan prosedur; Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
Cukup efisien 144,96-174,96 (12,08-14,58)	Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi; Perbaikan efisiensi melalui pemeliharaan bangunan dan peralatan energi masih dimungkinkan.
Agak boros 174,96-230,04 (14,58-19,17)	Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip-prinsip manajemen energi; Audit energi perlu dipertimbangkan untuk menentukan perbaikan efisiensi yang mungkin dilakukan.
Boros 230,04-285 (19,17-23,75)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi;</li> <li>Audit energi perlu dilakukan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan sehingga pemborosan energi dapat dihindari.</li> </ul>
Sangat boros 285-450 (23,75-37,5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalasi peralatan, desain pengoperasian dan pemeliharaan tidak mengacu pada penghematan energi;</li> <li>Agar dilakukan tinjauan ulang atas semua instalasi/peralatan energi dan penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan.</li> </ul>

Sumber : Sujatmiko, 2008

### **3.4 Konservasi Energi**

#### **2.4.1 Konservasi Energi Sistem Pencahayaan**

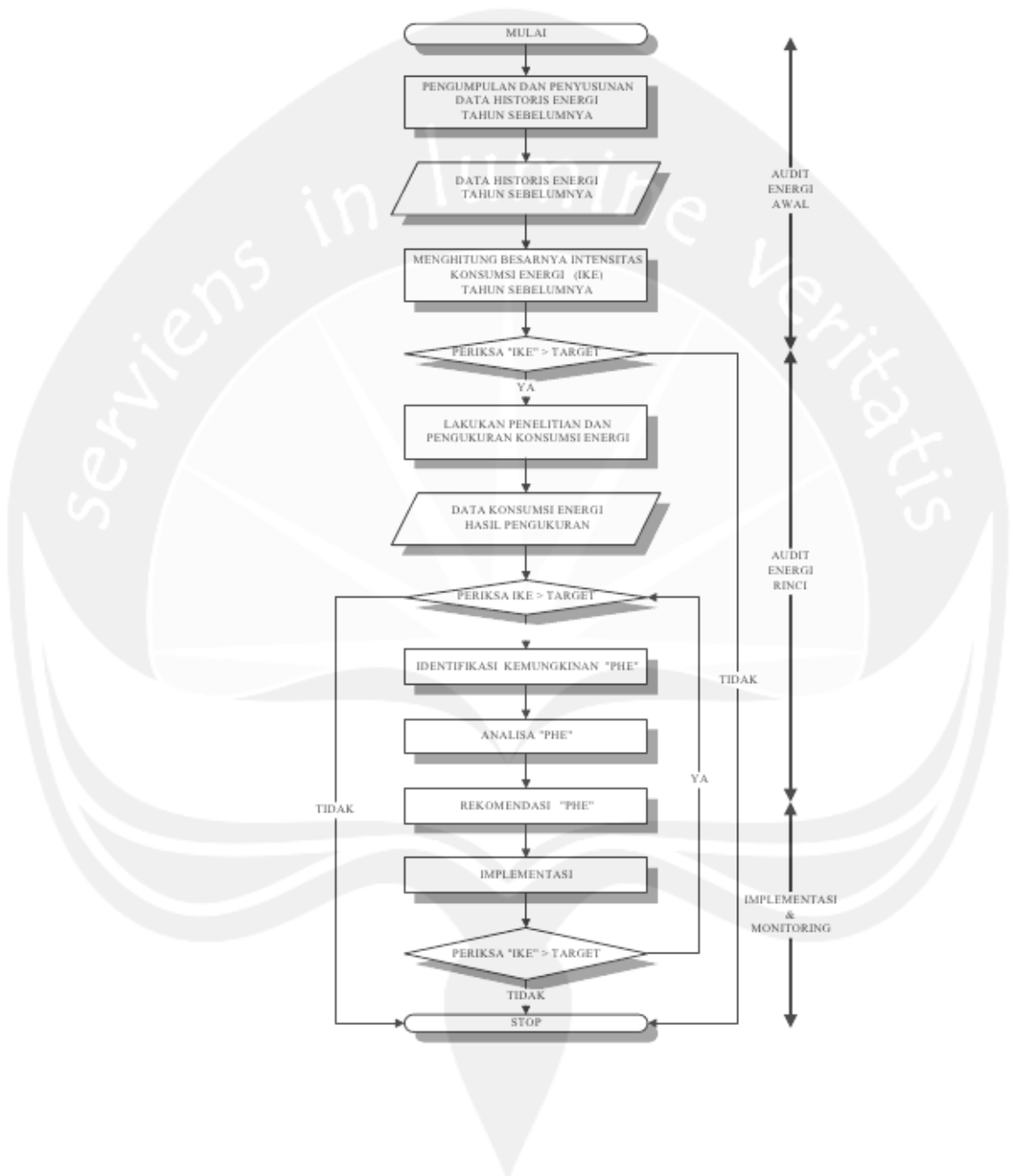
Sistem penerangan adalah sistem yang mengatur pencahayaan sesuai dengan kebutuhan visual yang dibutuhkan. Sistem penerangan harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memanfaatkan cahaya matahari sebagai cahaya sumber alami secara maksimal. Hal ini dimaksudkan agar pemakaian energi listrik untuk pencahayaan bisa seminimal mungkin. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam sistem penerangan :

1. Penentuan Intensitas cahaya
2. Pemakaian sumber
3. Pemusatan/pengarahan cahaya pada tempat dimana cahaya diperlukan
4. Pembatasan cahaya dalam tempat tertentu.

##### **a. Persyaratan Pencahayaan**

Sistem pencahayaan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Sistem pencahayaan buatan yang dirancang.
- Tingkat pencahayaan minimalnya sesuai dengan yang direkomendasikan
- Daya listrik untuk pencahayaan sesuai maksimum yang diijinkan.
- Memenuhi tingkat kenyamanan visual. Sistem pencahayaan alami yang dirancang memanfaatkan semaksimal mungkin pencahayaan siang hari.



Gambar 2.1 Bagan Alur proses audit Energi  
 Sumber : SNI-03-6196-2000



## b. Penggunaan Energi untuk Pencahayaan Buatan

Pencahayaan energi untuk pencahayaan buatan dapat diperkecil dengan mengurangi daya terpasang, melalui pemilihan lampu dengan efikasi tinggi, serta ballas dan armatur yang efisien.

## c. Pemilihan Lampu

### ❖ Lampu Pijar

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ukuran filamen kecil maka sumber cahaya dapat dianggap sebagai titik sehingga pengaturan distribusi cahaya lebih mudah</li><li>- Perlengkapan sangat sederhana dan dapat ditangani dengan sederhana</li><li>- Pemakaian sangat luwes</li><li>- Biaya Awal rendah</li><li>- Pengaturan intensitas cahaya (redup dan terang) mudah dan murah (dengan memakai dimmer)</li><li>- Tidak terpengaruh oleh suhu dan kelembapan</li><li>- Menampilkan warna-warna dengan sangat bagus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Memancarkan 12,6 – 17,5 lumen/watt</li><li>- Umur pendek (750-1000 jam), makin rendah watt makin pendek umurnya</li><li>- Untuk negara tropis, panas dari lampu akan menambah beban AC</li><li>- Warna yang cenderung hangat (kemerahan), secara psikologis akan membuat suasana ruangan kurang sejuk</li><li>- Hanya cocok untuk kebutuhan pencahayaan rendah</li><li>- Menyalakan sebuah lampu pijar pada tegangan lampu yang tidak sesuai dengan tegangan yang disarankan akan menyebabkan keuntungan dan kerugian.</li></ul>

### ❖ Lampu Fluorescent

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"><li>-Awet (umur panjang), hingga 20.000 jam (dengan asumsi lama penyalaan 3 jam setiap penyalaan). Makin sering dihidup-matikan, umur semakin pendek</li><li>-Bentuk lampu yang memanjang menerangi area yang lebih luas dengan cahaya baur</li><li>-Untuk penerangan yang tidak</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Output cahaya terpengaruh oleh suhu dan kelembapan</li><li>- Tidak mudah mengatur intensitas cahayanya dengan menggunakan dimmer</li><li>- Warna keputihan cenderung tidak alami, terutama untuk warna kulit</li><li>- Kecerobohan pemasangan ballas sering menimbulkan bunyi</li></ul>

<p>menghendaki bayangan, lampu fluorecent lebih baik dibanding lampu pijar.</p> <p>-Warna Cahaya yang cenderung putih dingin menguntungkan untuk daerah tropis lembab, karena secara psikologis akan menyejukkan ruangan.</p>	<p>dengung yang mengganggu dan melelahkan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Balas akan mengeluarkan cukup banyak panas yang membebani mesin pengondisi udara (Air Conditioner)</li> <li>- Menimbulkan efek cahaya yang bergetar pada arus bolak balik (ac), sedang pada lampu fluorecent arus searah (dc), efek ini tidak tampak</li> <li>- Semakin banyak jumlah lampu dalam satu luminer, efisiensi semakin rendah karena cahaya yang terhalang, terperangkap, serta panas yang timbul.</li> <li>- Efisiensi lampu akan meningkat bila suhu dipertahankan tidak lebih dari 40<sup>0</sup>C. Oleh karena itu luminer harus berventilasi.</li> </ul>
---	---

❖ Lampu HID (High-intensity Discharge)

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kecuali lampu merkuri (yang kualitas cahayanya lebih baik dari lampu pijar), efikasi lampu HID jauh lebih tinggi dibanding lampu pijar fluorescent</li> <li>-Lebih awet dari lampu pijar, da kadang-kadang lebih awet dari fluorescent.</li> <li>-Pendistribusian cahaya lebih mudah daripada lampu fluorescent</li> <li>-Biaya operasional sangat rendah</li> <li>-Tidak seperti lampu fluorescent, lampu HID tidak terpengaruh oleh variasi suhu dan kelembapan lingkungan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya awal sangat tinggi</li> <li>- Harga lampu lebih mahal dari jenis lain, hingga dapat mempengaruhi biaya penggantian lampu</li> <li>- Seperti halnya dengan lampu fluorescent, lampu HID butuh balas yang dapat mengeluarkan suara mengganggu</li> <li>- Lampu membutuhkan waktu sekitar 8 menit untuk bersinar secara penuh</li> <li>- Beberapa lampu dapat mengeluarkan cahaya ungu-ultra yang membahayakan kesehatan</li> <li>- Lampu HID hanya cocok untuk ruangan dengan ketinggian langit-langit sedang (3-5m) sampai tinggi (&gt;5m) awalnya lampu ini dirancang untuk pemakaian di luar ruangan, tetapi produk baru yang dilengkapi dengan pengoreksi warna cocok juga untuk</li> </ul>

penggunaan di dalam ruangan.

#### ❖ Lampu LED

Keuntungan Pemakaian Lampu	Kerugian Pemakaian Lampu
<ul style="list-style-type: none"><li>-Memancarkan lebih dari 40 lumen/watt</li><li>-Mempunyai warna yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanpa menambah filter sehingga menghemat biaya</li><li>-Ukurannya kecil, <math>&gt;2\text{mm}^2</math>, sehingga dapat digabung-gabungkan tanpa memerlukan banyak ruang</li><li>-Dapat dihidup matikan dengan cepat</li><li>-Dapat dihidupmatikan tanpa mengurangi umur</li><li>-Mudah dipasang dimmer</li><li>-Mati perlahan-lahan, tidak mendadak</li><li>-Berumur panjang, 35.000-50.000 jam</li><li>-Tahan guncangan</li><li>-Dapat difokuskan dengan mudah tanpa tambahan alat</li><li>-Tidak mengandung merkuri</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Saat ini harganya masih relatif mahal</li><li>- Terpengaruh oleh suhu</li><li>- Peka terhadap tegangan listrik</li><li>- Kualitas warna sering menyebabkan warna objek tidak alami karena spektrum cahaya LED berbeda dengan lampu pijar dan matahari</li><li>- Blue hazard, lampu LED biru dan putih diduga memancarkan cahaya diatas persyaratan sehingga dapat mengganggu kesehatan mata</li><li>- Blue pollution, lampu LED putih memancarkan gelombang warna biru sangat kuat sehingga dapat mengganggu lingkungan</li></ul>

#### d. Aspek Pencahayaan

Standar ini mencakup persyaratan minimal sistem pencahayaan pada bangunan gedung agar diperoleh sistem pencahayaan yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan, keamanan dan memenuhi ketentuan yang berlaku untuk bangunan gedung.

Tabel 2.2 Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan

Ruang	Lux	Keterangan
<b>Ruang Perkantoran</b>		
Ruang Direktur	350	
Ruang Kerja	350	
Ruang komputer	350	Gunakan armatur bekas untuk mencegah sialu akibat pantulan layar monitor
Ruang rapat	300	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang arsip	150	
Ruang arsip aktif	300	
<b>Lembaga Pendidikan</b>		
Ruang kelas	250	
Perpustakaan	300	
Laboratorium	500	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Kantin	200	

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI), Rancang Bangun Gedung

Selain itu terdapat standar warna yang digunakan pada ruangan agar tidak mengganggu penyebaran cahaya lampu.

jenis warna	aplikasi	
 <p><b>Merah</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dapat digunakan di segala ruang.</li> <li><input type="checkbox"/> Warna ini akan membangkitkan semangat dan gairah. Namun Anda harus jeli memilih <i>tone</i> yang tepat.</li> <li><input type="checkbox"/> Pertimbangkan luas ruangan. Dinding warna merah memberi efek lebih dekat, sehingga membuat ruang terkesan sempit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Umumnya, merah dipakai untuk warna rumah makan. Kesannya lebih nyaman, menarik perhatian, dan membangkitkan selera.</li> <li><input type="checkbox"/> Merah akan tampil istimewa jika bersanding dengan warna yang tak menonjol, misalnya krem, putih, kuning muda, atau biru.</li> </ul>
 <p><b>Merah muda</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> <i>Pink!</i> Ideal buat ruang tidur anak perempuan. Anda juga dapat memasukkan unsur merah muda ke dalam ruang bermain anak-anak.</li> <li><input type="checkbox"/> Paduan warna <i>pink</i> dengan putih akan membuat tampilan lebih manis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Anda dapat mencoba menggabungkannya dengan warna ungu muda atau warna-warna pastel lainnya.</li> </ul>
 <p><b>Oranye</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Tidak disarankan memakai oranye di kamar tidur karena akan menyebabkan frustrasi.</li> <li><input type="checkbox"/> Sangat cocok untuk ruang-ruang kreatif, misalnya, ruang bermain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Oranye digandrungi para desainer untuk pilihan warna interior rumah makan.</li> <li><input type="checkbox"/> Agar tampil mencolok, padukan dengan warna ungu dan hijau atau biru. Jika ingin tampil kalem, kombinasikan dengan warna merah dan kuning.</li> </ul>
 <p><b>Kuning</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Hampir mirip dengan oranye, kuning juga tak disarankan untuk warna utama di kamar tidur. Kuning dapat membuat otak Anda terus siaga.</li> <li><input type="checkbox"/> Sebaiknya kuning dimanfaatkan untuk ruang-ruang kreatif atau ruang <i>foyer</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Anda dapat memadukan kuning dengan warna-warna hangat atau dingin, misalnya merah atau hijau.</li> </ul>
 <p><b>Emas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Emas adalah warna dekoratif.</li> <li><input type="checkbox"/> Emas yang dominan di ruangan akan membuat mata Anda silau dan lelah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Disukai untuk warna-warna di dalam rumah yang megah dan mewah, misalnya kerajaan, istana, atau vila.</li> <li><input type="checkbox"/> Warna putih, krem, merah, atau cokelat adalah pilihan warna yang cocok berdampingan dengan emas.</li> </ul>
 <p><b>Hijau</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Anda dapat lebih rileks jika memandang warna hijau.</li> <li><input type="checkbox"/> Dengan <i>shade</i> yang pas, hijau dapat dipakai pada ruang-ruang santai.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Untuk kepentingan publik, hijau lembut banyak dipakai di rumah sakit atau panti jompo.</li> <li><input type="checkbox"/> Hindari paduan warna hijau dengan biru karena satu sama lain akan tampak mati.</li> </ul>
 <p><b>Biru</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Hindari warna biru dominan di ruang bermain atau ruang fitness karena tidak akan membangkitkan semangat bermain atau beraktivitas fisik.</li> <li><input type="checkbox"/> Pakai lah biru di ruang kerja orang dewasa.</li> <li><input type="checkbox"/> Saran lainnya adalah kamar mandi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Nuansa biru juga disukai untuk warna kamar tidur anak laki-laki.</li> <li><input type="checkbox"/> Paduan yang apik dengan putih atau kuning muda akan menyalurkan energi positif bagi si pengamat.</li> </ul>
 <p><b>Ungu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Jika Anda membutuhkan ketenangan pikiran di suatu ruang, Anda dapat coba warna ungu. Efek spiritual yang ditimbulkannya membuat ungu cocok untuk ruang-ruang bermeditasi atau ruang berdoa.</li> <li><input type="checkbox"/> Pilih warna ungu muda untuk mengisi dinding kamar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> tidur Anda. Jangan takut! Anda dapat menyapukan seluruh dinding ruangan dengan warna ungu lembut.</li> <li><input type="checkbox"/> Ungu lembut perlu didukung oleh beberapa warna lain, misalnya putih, kuning muda, atau hitam.</li> </ul>
 <p><b>Cokelat</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Cokelat adalah warna alam.</li> <li><input type="checkbox"/> Rumah-rumah di pedesaan umumnya dominan berwarna cokelat atau cokelat muda. Hal ini karena pilihan materialnya, seperti papan kayu atau bilik.</li> <li><input type="checkbox"/> Jika Anda menyukai gaya <i>country</i>, pilih lah material dari bilah-bilah kayu gelondong untuk menjadi dinding.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Biarkanlah warna cokelat kayu itu seperti apa adanya.</li> <li><input type="checkbox"/> Jangan lupa untuk mendekorasi ruang sesuai dengan gaya <i>country</i> juga. Pilih aksesoris berwarna alam, misalnya hijau, kuning bambu, atau merah.</li> </ul>
 <p><b>Putih</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Putih adalah warna dasar. Warna ini bisa dipadu dengan aneka warna.</li> <li><input type="checkbox"/> Perlu diingat! Jangan biarkan warna putih berdiri sendiri. Ini akan membuat ruang terlalu terang dan "pucat".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Jika Anda ingin ruangan tampil meriah, kombinasikan putih dengan warna-warna cerah.</li> </ul>
 <p><b>Abu-abu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Warna yang identik dengan rumah bergaya modern-minimalis.</li> <li><input type="checkbox"/> Aplikasi abu-abu sebenarnya cocok untuk segala ruangan. Namun aplikasinya mesti diperhatikan. Terlalu banyak bidang warna abu-abu akan membuat ruangan menjadi kumuh dan tak elegan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Padukan dengan warna-warna segar, misalnya merah atau oranye.</li> </ul>
 <p><b>Hitam</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Hitam pekat tidak disarankan untuk mengisi satu atau lebih bidang dinding ruang karena hitam termasuk warna aksen, bukan warna yang berdiri sendiri.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Hitam biasa dipakai sebagai tanda batas atau tengaran. Jadi, sebaiknya aplikasikan warna hitam sebagai aksen ruang, misalnya pada perabot, alat elektronik, pigura, atau jam dinding.</li> </ul>

Gambar 2.2 aplikasi warna pada ruang  
Sumber : Majalah IDEA, 2011

Sedangkan daya listrik maksimum yang diijinkan untuk sistem pencahayaan di dalam bangunan gedung/ ruangan per meter persegi tidak boleh melebihi nilai maksimum untuk masing-masing jenis ruangan.

Tabel 2.3 Daya Pencahayaan listrik yang diijinkan

Jenis Ruangan Bangunan	Daya Pencahayaan maksimum W/m
Ruang Kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
<b>Hotel :</b>	
Kamar Tamu	17
Daerah Umum	20
<b>Rumah Sakit :</b>	
Ruang Pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10

Sumber : Petunjuk Teknis Konservasi Energi Bidang Audit Energi

#### 2.4.2 Kondisi termal

Telah disebutkan sebelumnya, Szokolay dalam ‘Manual of Tropical Housing and Building’ menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit. Sementara itu, Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB-PU membagi suhu nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian sebagai berikut:

Tabel 2.4 Suhu nyaman menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
• Sejuk Nyaman	20,5°C - 22,8°C	50 %
Ambang atas	24°C	80%
• Nyaman Optimal	22,8°C - 25,8°C	70%
Ambang atas	28°C	
• Hangat Nyaman	25,8C – 27,1°C	60%
Ambang atas	31°C	

### 2.4.3 Peletakan Ventilasi

Untuk bangunan tinggi, pengujian dengan menggunakan model bangunan yang berskala untuk memprediksi kekuatan bangunan terhadap kecepatan angin seringkali harus dilakukan dengan menggunakan terowongan angin (*wind tunnels*). Di bawah ini menunjukkan bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap manusia.

Tabel 2.5 Pengaruh kecepatan angin terhadap manusia

Kecepatan Angin (dalam mph)	Pengaruhnya terhadap manusia
0-2	Tidak ada angin
2-10	Angin terasa diwajah dan rambut
10-20	Debu naik, kertas terbang, rambut dan pakaian berantakan
20-25	Kekuatan angin terasa di tubuh
25-30	Payung susah digunakan
30-55	Susah berjalan, manusia terasa seperti didorong angin
55-100	Angin topan/badai, berbahaya bagi manusia dan struktur
> 100	Kekuatan angin tornado, sangat berbahaya bagi manusia dan struktur

### **3.5 Pendekatan-Pendekatan Energi**

#### **3.5.1 Peran Energi dalam arsitektur**

Menurut Prasasto Satwiko dalam buku Arsitektur Sadar Energi (2005), efisiensi energi bukanlah kriteria baru dalam desain arsitektur (Watson, 1979). Bahkan sejak umat manusia belum sadar berarsitektur pun mereka sudah ‘memikirkan’ energi. Peran energi dalam arsitektur sangat luas. Pada proyek komersial, kebutuhan energi perlu dihitung rinci, atau paling tidak dipikirkan, antara lain untuk :

- Survai
- Proses perancangan
- Pembukaan dan penyiapan lahan
- Transportasi material bangunan
- Konstruksi (pembangunan)
- Operasional
  - Penerangan (ruang dalam dan ruang luar)
  - Ventilasi (sistem penyejukan udara, fan)
  - Penyediaan air (minum, sanitasi, mandi, penyiraman)
  - Transportasi (lift untuk transportasi lokal, kendaraan untuk mencapai lokasi bangunan)
  - Penyimpanan (ruang pendingin)



- Perawatan Berkala
  - Pembersihan
  - Penggantian elemen baru
  - Pengecatan
- Renovasi besar (penyesuaian bangunan untuk fungsi baru, facelift)
- Penghancuran (bangunan tidak layak dipertahankan, lahan akan dipakai untuk fungsi baru)
- Pengangkutan runtuh bangunan ke lahan lain.

Dalam kehidupan sehari-hari, energi untuk kegiatan operasional dan perawatan lebih sering dirasakan dan diusahakan penghematannya. Masing-masing bangunan, sesuai aktivitas didalamnya mempunyai komposisi alokasi energi sendiri-sendiri. Namun, pada umumnya, energi untuk sistem penyejuk udara mengambil porsi terbanyak, disusul energi untuk penerangan dan keperluan rumah tangga lain.

Tabel 2.6 Penggunaan energi sesuai tipe bangunan

Tipe bangunan	Penggunaan energi tahunan (kWh/m <sup>2</sup> )
Kantor	195
Pabrik	222
Gudang	195
Sekolah	195
Toko	195
Hotel	361

Sumber : Vale, 1991

### 3.5.2 Perancangan Arsitektur Berdasarkan Iklim

Arsitektur Tropis merupakan salah satu cabang ilmu arsitektur, yang mempelajari tentang arsitektur yang berorientasi pada kondisi iklim dan cuaca, pada lokasi di mana massa bangunan atau kelompok bangunan berada, serta dampak, tautan ataupun pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar yang tropis. Arsitektur Tropis meliputi berbagai macam hal yang menyangkut desain bangunan atau kawasan yang berkarakter bangunan tropis, dengan pengaruh atau dampak terhadap lingkungannya.

Syarif Hidayat dalam seminar arsitektur “Perancangan Arsitektur Berdasarkan Iklim” mengatakan desain bangunan dengan karakter tropis memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut : harus memiliki view dan orientasi bangunan yang sesuai dengan standar tropis (*building orientation*), menggunakan bahan atau bagian pendukung kenyamanan pada kondisi tropis, seperti; *sunshading, sunprotection, sunlouver*, memperhatikan (*Window radiation*), serta memiliki karakter atau ciri khas yang mengekspos bangunan sebagai bangunan tropis, dengan penggunaan material ataupun warna-warna yang berbeda.

Bagian-bagian bangunan tropis :

#### a. View dan Orientasi Bangunan

Dari contoh-contoh studi kasus desain bangunan tropis modern yang ada di Indonesia pada saat ini, maka dapat disimpulkan ciri-ciri view dan orientasi bangunan tropis adalah sebagai berikut:

- Menghadap pada arah dimana sinar matahari diusahakan dapat memasuki ruangan pada pagi hingga sore hari.

- Ruang dengan fungsi publik atau pusat aktifitas berada pada kawasan yang mendapat cahaya matahari langsung, dengan suatu sistem pelindung yang menambah kenyamanan manusia.

b. Bahan-bahan atau bagian pendukung kenyamanan pada kondisi tropis

- *Sun Protection*

*Sun protection* adalah bagian dalam bangunan atau interior, dengan suatu sistem atau bahan, yang dapat menambah kenyamanan.

- *Sun Shading*

*Sun Shading* adalah suatu bagian penyaring sinar matahari pada bukaan atau ventilasi ruangan, yang biasanya terdapat pada material kaca atau penyangga ventilasi bangunan.

c. *Window Radiation* (radiasi jendela/bukaan)

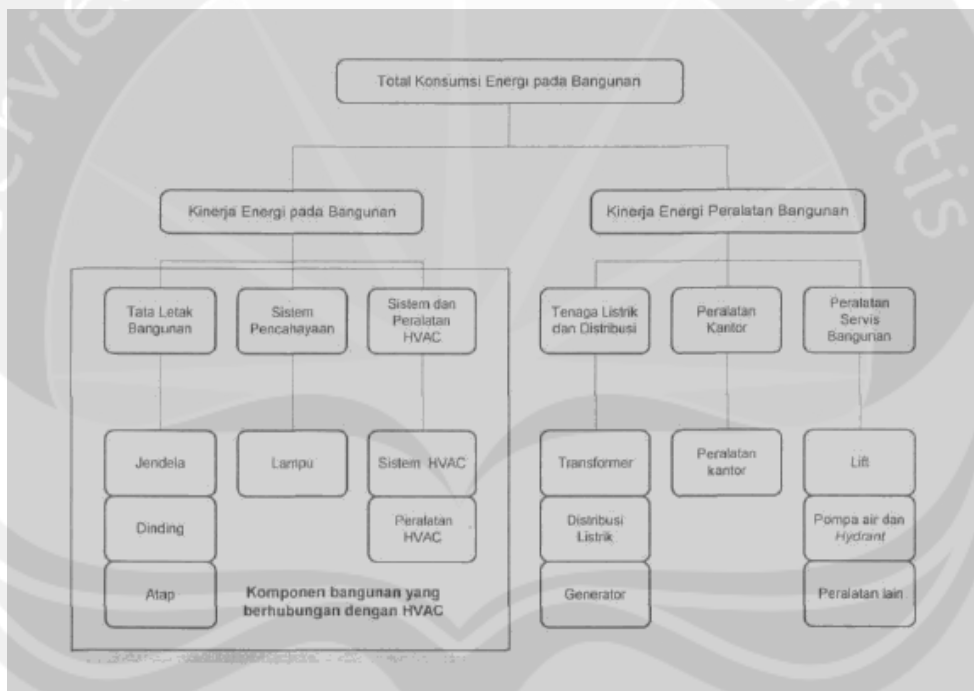
*Window radiation* merupakan pengaruh material atau sistem pada bukaan atau jendela, baik terhadap lingkungan interior bangunan, ataupun lingkungan luar/eksterior bangunan.

d. Karakter khusus lain bangunan tropis

Bangunan tropis memiliki suatu sistem penggunaan material ataupun warna yang berbeda dari bangunan modern lainnya, hal ini tergantung konsep bangunan, fungsi bangunan, lokasi site bangunan, serta tujuan bangunan di desain.

### 3.6 Performa Energi Pada Bangunan

Secara umum kinerja energi suatu bangunan akan mensimulasi kinerja komponen bangunan, sehingga saling mempengaruhi dalam proses analisa dan optimasi. Pada Gambar 2.3 (Hui,C. M.,1996), terlihat bahwa komponen utama konsumsi energi pada bangunan yang terbagai menjadi dua bagian yaitu komponen HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) dan komponen yang berkaitan dengan peralatan pada bangunan.



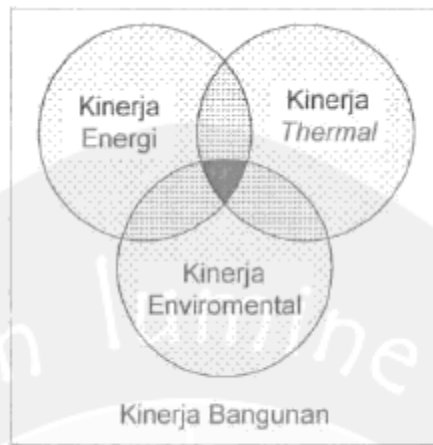
Gambar 2.3 Komponen utama dari konsumsi energi pada bangunan  
Sumber : Hui. C.M. (1996)

### **2.6.1 Cara pengukuran**

Untuk mengukur kinerja energi suatu bangunan dengan cara yang seragam digunakan indikator semacam Intensitas Konsumsi Energi yaitu konsumsi energi tahunan bangunan dibagi luasan lantai kotor ( $\text{kWh/m}^2\text{-tahun}$ ). Namun hal ini dapat menyebabkan terjadinya kesalahan interpretasi sebab pada bangunan banyak terdapat daerah yang tidak terkonsumsi (*conditioned*) yang bukan merupakan area produktif seperti areal parkir, core dan selasar. Oleh sebab itu intensitas konsumsi energi ditunjukkan dalam konsumsi energi perluasannya *conditioned* (Net).

### **2.6.2 Kinerja Energi, Kinerja Thermal Dan Kinerja Environmental**

Ketiga istilah kinerja energi, kinerja thermal dan kinerja environmental ini sering disebutkan dalam literatur untuk menjelaskan perilaku termofisika suatu bangunan dan komponennya sebagai bagian dari kinerja total bangunan (*total building performance*). Istilah-istilah ini saling dipakai menggantikan satu sama lain dan sulit dibedakan dengan jelas. Istilah kinerja thermal umumnya dipakai untuk menjelaskan beban thermal (*cooling* dan *heating*) dan memproyeksikan energi yang diperlukan oleh peralatan untuk mengatasi beban ini. Kinerja energi merujuk pada konsumsi energi oleh bangunan dan seluruh komponennya. Sedangkan kinerja environmental lebih bersifat umum yaitu berhubungan dengan faktor-faktor *indoor* seperti *thermal comfort*, pencahayaan, pergerakan udara, kualitas udara dan akustik. Gambar 2.4 menunjukkan adanya integrasi dari ketiga istilah kinerja bangunan ini, yang menunjukkan adanya keterkaitan satu sama lain.



Gambar 2.4 Konsep kinerja bangunan  
Sumber : Hui, C.M. (1996)