



UNIVERSITAS INDONESIA

USULAN PENGHEMATAN KONSUMSI LISTRIK
DI GEDUNG EKSPLOITASI 1 PERKANTORAN PPPTMGB"LEMIGAS"
MENGUNAKAN AUDIT ENERGI

SKRIPSI

JAN ARIEF BAYU WIRAWAN
0606044083

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2008



UNIVERSITAS INDONESIA

USULAN PENGHEMATAN KONSUMSI LISTRIK
DI GEDUNG EKSPLOITASI 1 PERKANTORAN PPPTMGB”LEMIGAS”
MENGUNAKAN AUDIT ENERGI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

JAN ARIEF BAYU WIRAWAN

0606044083

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
KEKHUSUSAN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2008

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**Skripsi ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Jan Arief Bayu Wirawan

NPM : 0606044083

Tanda Tangan:

Tanggal : 24 Desember 2008

PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul :

*“Usulan penghematan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 Perkantoran
PPPTMGB” Lemigas” menggunakan audit energi ”*

Dimuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Industri Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Jakarta, 24 Desember 2008

Ir. Yadrifil, MSc.

NIP : 131 472 309

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Jan Arief Bayu Wirawan
NPM : 0606044083
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi :

*“Usulan penghematan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 Perkantoran
PPPTMGB” Lemigas” menggunakan audit energi ”*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yadrifil, MSc. ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM ()
Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT ()
Penguji : Armand Omar Moeis, ST, MSc. ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 24 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Yadrifil, MSc., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Titovianto Widyantoro, MSc. sebagai widyaiswara yang membimbing dan mengarahkan skripsi saya
3. Mama tercinta (Darsiah), dan kakakku tersayang (puput, ari), alm. Bapak (Suryadi)-semangat dan tindakanmu jadi panutanku- serta seluruh keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan material, spiritual dan moral;
4. Bapak Armand Omar Moeis, ST, MSc. yang telah berkenan membagi ilmunya lewat buku *guide to energy management* sebagai buku referensi dan acuan saya
5. Bapak Ir. Harun Alrasyid & Djoko Purwadi, S.Sos selaku ketua Tim Konversi dan Konservasi Energi di PPPTMGB”Lemigas” yang telah membimbing dan membantu kebutuhan data.
6. Seluruh kawan-kawan seperjuangan TI-UI Salemba 2006 yang tak sempat terucap kata satu persatu.
7. Serta para sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menjadikan mimpi skripsi ini menjadi kenyataan.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi ilmu pengetahuan.

Salemba, 24 Desember 2008

Penulis

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jan Arief Bayu Wirawan

NPM : 0606044083

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Usulan penghematan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 Perkantoran PPPTMGB” Lemigas” menggunakan audit energi ”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salemba

Pada Tanggal : 24 Desember 2008

Yang Menyatakan

(Jan Arief Bayu Wirawan)

RIWAYAT HIDUP PENULIS

- Nama** : Jan Arief Bayu Wirawan
- Tempat/Tanggal Lahir** : Jakarta, 01 Januari 1982
- Alamat** : Jl. Pualam IV/151, RT. 17/02 Sumur Batu,
Kemayoran, Jakarta Pusat 10640
- Telepon/HP** : 021-42873032 / 0813-1818-7370
- Pendidikan** :
- ❖ SDN 14 Sumur Batu Jakarta Pusat 1994
 - ❖ SMPN 228 Jakarta Pusat 1997
 - ❖ SMUN 1 Jakarta 2000
 - ❖ Politeknik Negeri Jakarta 2003 (D3 Teknik Mesin)
 - ❖ Universitas Indonesia 2008 (S1 Teknik Industri)

ABSTRAK

Nama : Jan Arief Bayu Wirawan
NPM : 0606044083
Program Studi : Teknik Industri
Judul :

***“Usulan penghematan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 Perkantoran
PPPTMGB” Lemigas” menggunakan audit energi ”***

Energy adalah sebuah hal penting yang sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia hingga terdapat ungkapan bahwa “tidak ada kehidupan tanpa energy”. Ini menandakan bahwa ketergantungan kita pada energy. Kebutuhan yang meningkat dengan sumber daya yang terbatas memiliki potensi kelangkaan atau krisis energy. Ini berarti diperlukan upaya untuk dapat mengontrol ketersediaan energy khususnya minyak bumi. Upaya ini salah satunya adalah dengan cara menghemat konsumsi listrik yang masih menggunakan bahan bakar minyak untuk menggerakkan pembangkit-pembangkit listrik. Penulisan skripsi ini difokuskan melakukan tindakan penghematan konsumsi listrik dengan cara mencari peluang penghematan pada system kelistrikan, system tata udara, system tata cahaya menggunakan audit energy. Audit energy dilakukan dengan mengumpulkan data-data konsumsi listrik tahun 2006- Oktober 2008, data inventarisasi AC, lampu, alat-alat pemakai listrik (lift, alat laboratorium, computer, dan sebagainya). Audit energy adalah salah satu cara yang efektif mencari peluang penghematan konsumsi listrik. Cakupan kegiatan audit energy ini adalah Gedung Eksploitasi 1 yang merupakan sebagian kecil gedung di Perkantoran PPPTMGB” Lemigas”.

Kata kunci: *energy, audit energy*

ABSTRACT

Name : Jan Arief Bayu Wirawan
NPM : 0606044083
Program Studi : Industrial Engineering
Title :

“Proposal of thrift consume electrics in Exploitation 1 building white colars of PPPTMGB"LEMIGAS" using energy audit ”

Energy is very important matter have an effect on in human life till there are expressiob that " there are no life without energy". This designate that our depending at energy. Requirement mounting with resource limited own potency of is rare of or energy crisis. This means needed by a effort to can control availability energy specially the petroleum. Strive this one of them is by economizing electrics consumption which still use oil fuel to move power station. Writing of this essay is focussed to conduct action thrift consume electrics by searching opportunity of thrift of at electrical system, arrange air system, system of lighting use audit energy. Make an audit of energy done collectedly is data consume electrics of year 2006-October 2008, data of stocktaking AC, lamp, appliance of electrics wearer (lift, laboratory appliance, computer, etcetera). Make an audit of energy is one of way of effective look for thrift oppportunity consume electrics. Activity coverage make an audit of this energy is Exploitation 1 Building representing some of minimizing building in White colars of PPPTMGB"LEMIGAS".

Keyword: *energy, energy audit*

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN ORISINALITAS	i
PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 : PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN	1
1.2. DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH	3
1.3. PERUMUSAN MASALAH	4
1.4. TUJUAN PENELITIAN	4
1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.6. METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7. SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB 2 : DASAR TEORI	8
II.1 AUDIT ENERGI	8
II.2 TATA CAHAYA (PENERANGAN)	10
II.3 SISTEM PENDINGIN	18
II.3.1 Bagian-Bagian AC	18
II.3.2 Cara Kerja Sistem AC	19
II.3.3 Jenis-Jenis AC	21
II.4 SISTEM BOILER	22
II.4.1 Jenis-jenis Boiler	23
II.4.2 Boiler auxiliaries	26
II.5 SELUBUNG BANGUNAN (INSULATION)	28
II.5.1 Definisi	28
II.5.2 Persyaratan SNI selubung bangunan	29
II.5.3 Ketentuan dasar	26
II.5.3.1 Harga perpindahan panas menyeluruh (OTTV)...	30
II.5.3.2 Menghitung nilai WWR	38
II.5.3.3 Menghitung nilai U_w	38
II.6 MANAJEMEN ENERGI	41
BAB 3 : PENGUMPULAN DATA	43
III.1 GAMBARAN UMUM GEDUNG EKSPLOITASI 1	43
III.1.1 Sistem Kelistrikan	45
III.1.2 Sistem Tata Udara	48

III.1.3 Sistem Tata Cahaya	50
III.1.4 Sistem Transportasi (LIFT)	51
III.1.5 Peralatan Lainnya (motor pompa, computer/printer/fax, alat laboratorium)	52
III.1.5.1 Motor	52
III.1.5.2 Alat Laboratorium	52
III.1.5.3 Komputer/Printer/Fax	53
III.2 ALAT-ALAT PENGUKURAN	53
III.2.1 Tang amphere	53
III.2.2 Flux meter	53
III.2.3 Thermometer digital	53
BAB 4 : ANALISA DATA	54
IV.1 SISTEM KELISTRIKAN	54
IV.1.1 Konsumsi Listrik Th. 2006-2008 di Gedung Eksploitasi 154	
IV.1.2 Index Konsumsi Energi	54
IV.1.3 Komposisi Energi Gedung Eksploitasi 1	55
IV.1.4 Daya Hasil Pengukuran	56
IV.1.5 Rekomendasi Penghematan Pada Sistem Kelistrikan ...	57
IV.2 SISTEM TATA UDARA	58
IV.2.1 Analisa Tata Udara di Gedung Eksploitasi 1	58
IV.2.2 Rekomendasi Penghematan AC	59
IV.2.3 Perhitungan Biaya Pemakaian Listrik	60
IV.3 SISTEM TATA CAHAYA	62
IV.3.1 Analisa Pencahayaan di Gedung Eksploitasi 1	62
IV.3.2 Rekomendasi Pencahayaan di Gedung Eksploitasi 1	63
BAB 5 : KESIMPULAN	67
DAFTAR REFERENSI	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Sistem Manajemen Energi	2
Gambar 1.2 : Diagram Keterkaitan Masalah	3
Gambar 1.3 : Diagram Alir Metodologi Penelitian	6
Gambar 2.1 : Contoh Luminer dengan Pola Distribusi Cahayanya	11
Gambar 2.2 : Perbandingan Renderansi	13
Gambar 2.3 : Siklus Pendinginan	20
Gambar 2.4 : Jenis-Jenis AC	21
Gambar 2.5 : Diagram uap	22
Gambar 2.6 : Boiler pipa api	23
Gambar 2.7 : Boiler pipa air	24
Gambar 2.8 : Boiler listrik	25
Gambar 2.9 : Pre-heater	26
Gambar 2.10 : Ekonomizer & Pre-heater	27
Gambar 2.11 : Scrubber basah & kering	27
Gambar 3.1 : Gedung Eksploitasi 1	43
Gambar 3.2 : Genset	45
Gambar 4.1 : Contoh Kontrol Otomatik	47
Gambar 4.2 : Contoh Mengubah Posisi Kerja	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Kegiatan Level Audit	9
Tabel 2.2 : Efikasi Beberapa Jenis Lampu Hasil Bagi antara Flux Luminus	13
Tabel 2.3 : Tingkat Pencahayaan Rata-rata, Renderansi,dan Temperatur Warna .	14
Tabel 2.4 : Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan	16
Tabel 2.5 : Benchmark OTTV	29
Tabel 2.6 : Nilai absortansi radiasi matahari untuk dinding luar & cat	32
Tabel 2.7 : Nilai transmitansi termal untuk dinding bangunan tak tembus cahaya	32
Tabel 2.8 : Beda temperature equivalen untuk dinding	33
Tabel 2.9 : Faktor radiasi matahari (SF, W/m ²) untuk berbagai orientasi	33
Tabel 2.10 : Persyaratan nilai U maksimum penutup atap (W/m ² .K)	35
Tabel 2.11 : Beda temperature equivalen berbagai penutup atap	35
Tabel 2.12 : Nilai U dan koefisien peneduh lubang cahaya atap	35
Tabel 2.13 : Luas maksimum lubang cahaya atap (dalam % terhadap atap)	37
Tabel 2.14 : Nilai R lapisan permukaan untuk dinding dan atap	39
Tabel 2.15 : Nilai R lapisan rongga udara	39
Tabel 3.1A : Data Survey Kelistrikan	46
Tabel 3.1B : Data Survey Kelistrikan	47
Tabel 3.2A : Data Inventarisasi AC	48
Tabel 3.2B : Data Inventarisasi AC	49
Tabel 3.3 : Data Survey Suhu Ruangan	49
Tabel 3.4 : Data Inventarisasi Lampu	50
Tabel 3.5 : Data Survey Pencahayaan Lampu	51
Tabel 3.6 : Data Inventarisasi Alat Laboratorium	52
Tabel 3.7 : Data Inventarisasi Komputer/Printer/Fax	53
Tabel 4.1 : Biaya Listrik Bulanan Unit AC sebelum Retrofit	60
Tabel 4.2 : Estimasi Konsumsi Listrik setelah Retrofit	61
Tabel 4.3 : Estimasi Biaya Listrik setelah Retrofit	61
Tabel 4.4 : Kebutuhan Daya Lampu dengan Balast	66

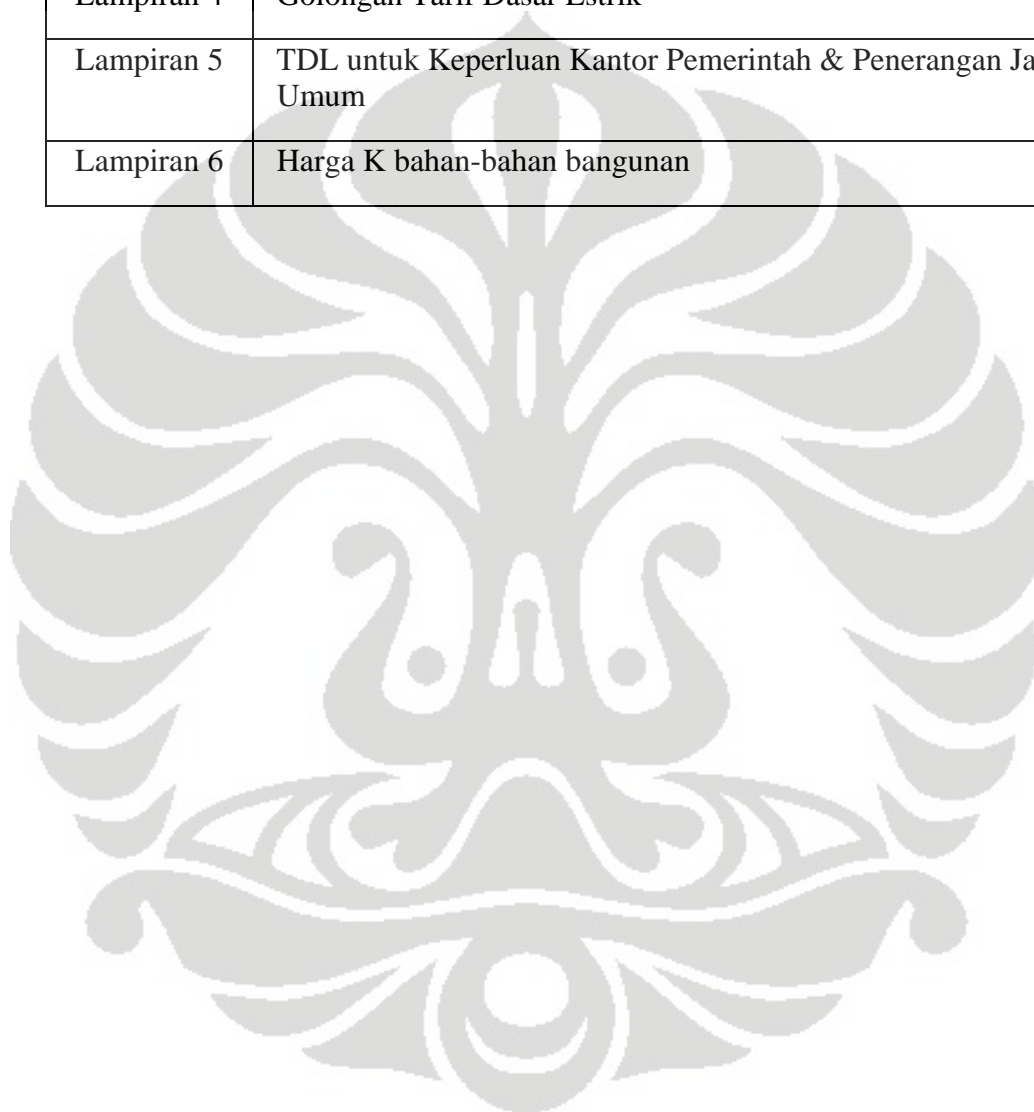
DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 : Depresiasi pada Lampu Fluorescent	17
Grafik 2.2 : Depresiasi pada beberapa jenis lampu	17
Grafik 4.1 : Konsumsi Listrik di Gedung Eksploitasi 1	54
Grafik 4.2 : Index Konsumsi Energi	55
Grafik 4.3 : Komposisi Energi Listrik	56
Grafik 4.4 : Daya Pengukuran 10 November 2008	56
Grafik 4.5 : Daya Pengukuran 11 November 2008	56
Grafik 4.6 : Daya Pengukuran 8 November 2008	57
Grafik 4.7 : Daya Pengukuran 9 November 2008	57
Grafik 4.8 : Daya Realisasi vs Aktual	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Inpres No. 2 Tahun 2008
Lampiran 2	SNI Tata Udara
Lampiran 3	SNI Tata Cahaya
Lampiran 4	Golongan Tarif Dasar Listrik
Lampiran 5	TDL untuk Keperluan Kantor Pemerintah & Penerangan Jalan Umum
Lampiran 6	Harga K bahan-bahan bangunan



ABSTRAK

Nama : Jan Arief Bayu Wirawan
Program Studi : Teknik Industri
Judul :

***“Usulan penghematan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 Perkantoran
PPPTMGB”Lemigas” menggunakan audit energi ”***

Energy adalah sebuah hal penting yang sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia hingga terdapat ungkapan bahwa “tidak ada kehidupan tanpa energy”. Ini menandakan bahwa ketergantungan kita pada energy. Kebutuhan yang meningkat dengan sumber daya yang terbatas memiliki potensi kelangkaan atau krisis energy. Ini berarti diperlukan upaya untuk dapat mengontrol ketersediaan energy khususnya minyak bumi. Upaya ini salah satunya adalah dengan cara menghemat konsumsi listrik yang masih menggunakan bahan bakar minyak untuk menggerakkan pembangkit-pembangkit listrik. Penulisan skripsi ini difokuskan melakukan tindakan penghematan konsumsi listrik dengan cara mencari peluang penghematan pada system kelistrikan, system tata udara, system tata cahaya menggunakan audit energy. Audit energy dilakukan dengan mengumpulkan data-data konsumsi listrik tahun 2006- Oktober 2008, data inventarisasi AC, lampu, alat-alat pemakai listrik (lift, alat laboratorium, computer, dan sebagainya). Audit energy adalah salah satu cara yang efektif mencari peluang penghematan konsumsi listrik. Cakupan kegiatan audit energy ini adalah Gedung Eksploitasi 1 yang merupakan sebagian kecil gedung di Perkantoran PPPTMGB”Lemigas”.

Kata kunci: *energy, audit energy*

ABSTRACT

Name : Jan Arief Bayu Wirawan
Program Studi : Industrial Engineering
Title :

“Proposal of thrift consume electrics in Exploitation 1 building white colars of PPPTMGB"LEMIGAS" using energy audit ”

Energy is very important matter have an effect on in human life till there are expressiob that " there are no life without energy". This designate that our depending at energy. Requirement mounting with resource limited own potency of is rare of or energy crisis. This means needed by a effort to can control availability energy specially the petroleum. Strive this one of them is by economizing electrics consumption which still use oil fuel to move power station. Writing of this essay is focussed to conduct action thrift consume electrics by searching opportunity of thrift of at electrical system, arrange air system, system of lighting use audit energy. Make an audit of energy done collectedly is data consume electrics of year 2006-October 2008, data of stocktaking AC, lamp, appliance of electrics wearer (lift, laboratory appliance, computer, etcetera). Make an audit of energy is one of way of effective look for thrift opportunity consume electrics. Activity coverage make an audit of this energy is Exploitation 1 Building representing some of minimizing building in White colars of PPPTMGB"LEMIGAS".

Keyword: *energy, energy audit*

BAB. I

PENDAHULUAN

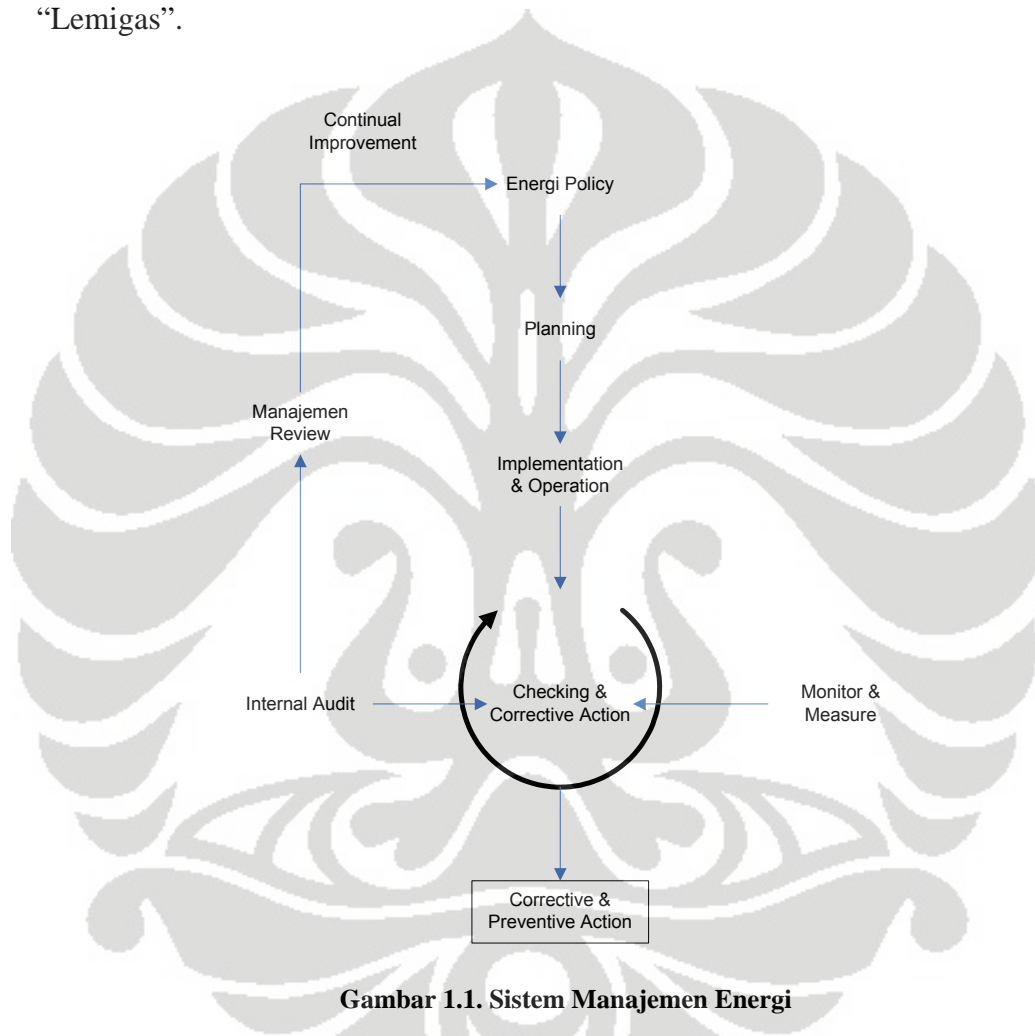
1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Minyak bumi menjadi sebuah hal yang sangat menarik akhir-akhir ini di hampir setiap kesempatan dan dimanapun orang membicarakannya. Ini disebabkan meningkatnya harga minyak bumi dengan cepat dan tinggi secara global. Seluruh belahan dunia merasakan dampak kenaikan harga minyak bumi ini. Seluruh dunia sedang dilanda krisis energi. Di negara kita sendiri pemerintah pun langsung menindaklanjuti dengan berbagai kebijakan energi baru. Salah satunya adalah Inpres No.2 tahun 2008 tentang Penghematan Energi dan Air. Inpres tersebut mengatur pemakaian listrik, BBM dan air dengan hemat tanpa mengorbankan produktifitas dan kenyamanan. Inpres ini mengikat kepada setiap Menteri Kabinet Indonesia Bersatu; Jaksa Agung RI; Kepala Lembaga Pemerintah Non Departemen; Panglima TNI; Kapolri; Pimpinan Kesekretariatan Lembaga Negara; Gubernur; Bupati/Walikota¹.

PPPTMGB “Lemigas” sebagai unit kerja di bawah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral wajib untuk mematuhi Inpres No. 2 tahun 2008. PPPTMGB “Lemigas” kependekan dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “Lemigas” adalah suatu unit kerja di bawah Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral yang bertugas melakukan kajian proses penelitian dan pengembangan teknologi untuk menemukan dan mengoptimasi cadangan minyak dan gas bumi di Indonesia. Terkait hal itu PPPTMGB “Lemigas” mempunyai tanggung jawab kepada pemerintah, industry perminyakan, dan penelitian. Salah satunya adalah bertanggung jawab merencanakan (*plan*), implementasi (*do*), monitoring dan audit (*check*), dan tindakan pencegahan (*action*) kegiatan konservasi energi di dalam unitnya sendiri.

¹ Presiden RI, Inpres No.2 tahun 2008, Penghematan Energi & Air, 2008

Pada level *plan*, menentukan target penghematan, level *do* melakukan kegiatan-kegiatan konservasi energy, di level *check* melakukan monitoring atas kegiatan konservasi energi, dan di level *action* menghasilkan kesimpulan (*resume*) sebagai tindak lanjut *action* selanjutnya. Kegiatan ini terus berlanjut sebagai siklus tindakan *continous improvement*. Siklus ini dikenal sebagai *PDCA deming*. Gambar 1 menunjukkan system manajemen energi yang diterapkan di PPPTMGB “Lemigas”.



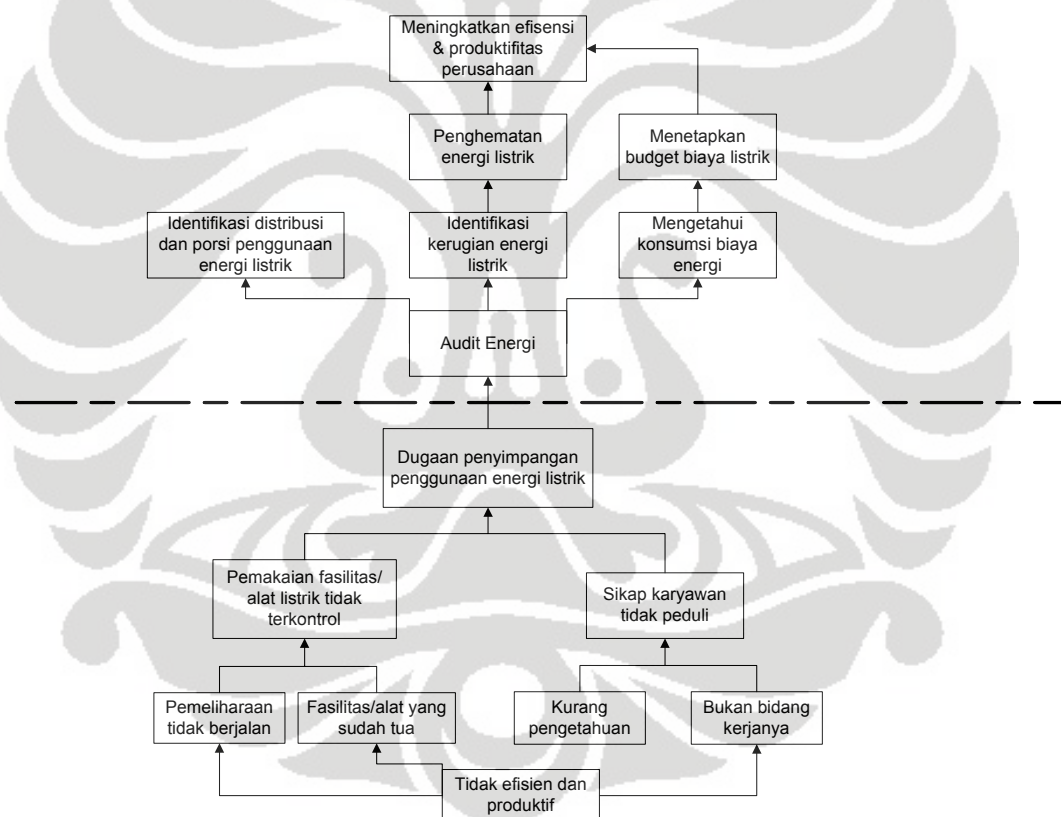
Gambar 1.1. Sistem Manajemen Energi

Melihat peluang ini, penulis ingin mencoba menelaah lebih jauh lagi tentang keefektifan penggunaan energi listrik serta melihat peluang penghematan energi yang dapat diharapkan. Penulis memetakan pemakaian energi listrik dengan audit energy dari itu dapat diketahui sumber-sumber energy, fasilitas yang menggunakan energy listrik, besaran konsumsi listrik, dan mencari peluang penghematan alat-alat listrik. Jika terdapat pemakaian yang tidak normal akan dapat dianalisa dengan cepat. Kelebihan lainnya juga *audit energy* sebagai *tools*

yang dapat mengontrol pemakaian listrik secara *continuous*. Dengan memakai *audit energy* dapat juga memberikan informasi yang jelas kepada manajemen tidak hanya bentuk data tapi dapat juga menganalisa profil pemakaian energi.

Untuk mencari peluang penghematan yang ada, penulis mencoba melakukan *audit energy* dengan maksud dapat mengetahui peluang-peluang penghematan energi sehingga dapat mengurangi beban pembiayaan listrik selama ini-audit energi merupakan salah satu *tools* dalam manajemen energi. Sehingga secara bertahap dapat menciptakan budaya hemat energi dan dapat menggunakan energi secara wajar (tidak boros).

1.2. DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH



Gambar 1.2. Diagram keterkaitan masalah

1.3. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah dan diagram keterkaitan masalah, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Pemetaan konsumsi listrik mulai tahun 2006 – Oktober 2008
2. Komposisi energy listrik di Gedung Eksploitasi 1
3. Mencari peluang penghematan energi pada system tata udara/AC (*air conditioning*), tata cahaya/lampu, dan penggunaan listrik.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pola konsumsi listrik (trend pemakaian) di Gedung Eksploitasi 1
2. Mencari peluang penghematan pada system kelistrikan
3. Mencari peluang penghematan pada system tata udara
4. Mencari peluang penghematan pada system tata cahaya

1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian ini adalah audit energy listrik di Gedung Eksploitasi 1 dengan obyek penelitiannya adalah system kelistrikan, system tata cahaya, dan sistem tata udara.

1.6. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan terdiri dari tiga tahap, yaitu sebagai berikut :

1. Tahap Awal

- a. Pemilihan topik

Penentuan topik dan judul skripsi yang dibantu oleh dosen pembimbing skripsi.

b. Perumusan Masalah

Pada tahap ini masalah diidentifikasi sesuai dengan topik yang akan dibahas kemudian melakukan audit energy pada system kelistrikan, system tata udara, dan system tata cahaya.

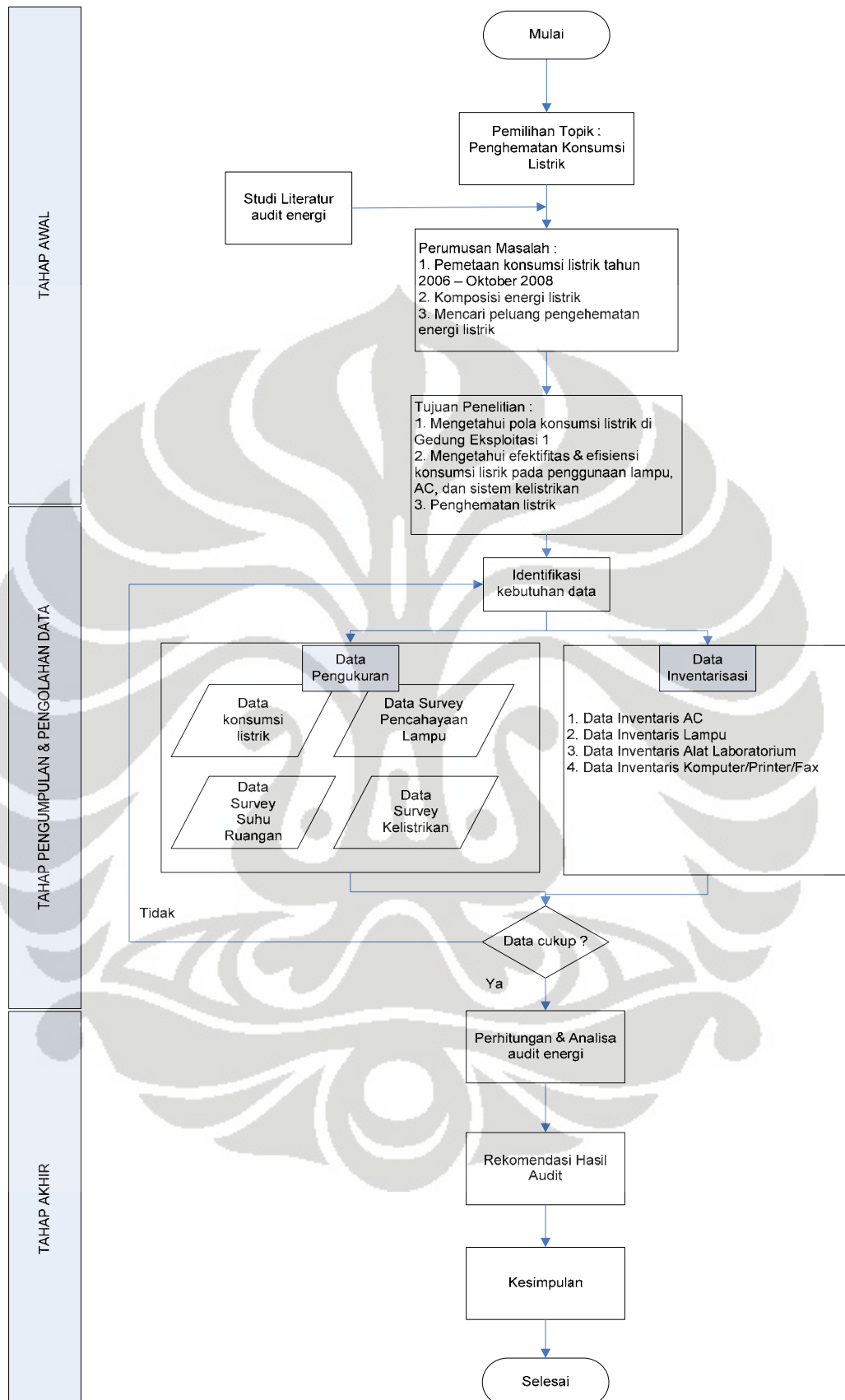
c. Menentukan Tujuan Penelitian

2. Tahap Pengumpulan & Pengolahan Data

- a. Data-data yang dibutuhkan adalah : data pemakaian konsumsi listrik periode 2006-Oktober 2008, data-data daya listrik di data pengukuran Lux Meter sebagai indikasi pemakaian lampu, data pengukuran temperature (suhu), data pengukuran *ampere*.
- b. Data-data inventarisasi AC, lampu, alat-alat laboratorium, LIFT
- c. Mengolah data dengan membuat grafik konsumsi listrik, index konsumsi listrik, benchmark dengan standar SNI tata udara dan pencahayaan, rekapitulasi data pengukuran lux, temperature, dan *ampere*.

3. Tahap Akhir

- a. Membuat analisa dari hasil olahan data
- b. Rekomendasikan hasil audit
- c. Membuat kesimpulan



Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mempermudah pemahaman terhadap pembahasan, maka penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Adapun sistematika penulisannya dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum mengenai laporan penelitian secara keseluruhan. Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang permasalahan, identifikasi dan keterkaitan permasalahan, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bagian ini berisikan penjelasan tentang teori-teori mengenai Audit Energi, *Statistic Proses Control* (SPC), dan teknik *forecasting*.

BAB III PENGUMPULAN DATA

Dalam bab ini, dituliskan mengenai data-data yang berhubungan serta menunjang untuk digunakan dalam proses penelitian, seperti data-data umum perusahaan, data konsumsi listrik, data pengukuran Lux Meter sebagai indikasi pemakaian lampu, data pengukuran temperature (suhu), data pengukuran *amphere* dan lain-lain.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

Pada bab ini, dilakukan pengolahan data-data tersebut diatas dengan menggunakan software Minitab untuk perhitungan audit energi dan *forecasting*, sehingga bisa dilakukan suatu analisa yang tepat, guna dilakukan *Improvement* yang perlu dilakukan sehingga mencapai sasaran yang tepat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan-kesimpulan dan saran-saran berdasarkan hasil dari seluruh penelitian dan analisa yang telah dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

II.1 AUDIT ENERGI

Audit Energi adalah sebuah *tools* yang sangat penting di dalam sebuah manajemen energy. Ini adalah sebuah *tool* yang teknis dalam manajemen energy. Ini adalah sebuah survey teknis yang digunakan untuk mengidentifikasi peluang penghematan energy¹.

Pengertian audit energy adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk menentukan kemana dan berapa banyak fasilitas yang menggunakan energy dan mencari peluang penghematannya². Audit energy memiliki tujuan adalah menentukan cara terbaik untuk mengurangi penggunaan energy per satuan output (produk) dan mengurangi biaya operasi (biaya produksi) tanpa mengorbankan kenyamanan dan produktifitas. Jenis-jenis audit energy adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan singkat (walk-through audit)
2. Audit awal (preliminary energy audit)
3. Audit rinci (detailed energy audit)

Walk-through audit merupakan tingkatan audit paling rendah yaitu level 1. Kegiatan yang dilakukan dalam audit ini adalah mengumpulkan data (secara umum), pengamatan singkat, dan wawancara. Audit energy level ini sudah termasuk evaluasi data sangat dasar tentang system pemanfaat energi, intensitas pemakaian energy dan kecenderungannya, serta benchmark intensitas energi rata-rata terhadap perusahaan sejenis yang menggunakan peralatan atau teknologi serupa. Bertujuan mengetahui gambaran umum pengelolaan energy.

Preliminary energy audit merupakan level 2 pada audit energy. Bertujuan untuk mengetahui besarnya peluang penghematan energy (sebelum audit rinci).

¹ Manuel L. Soriano, Proceedings AEEMTRC 6th Workshop, Singapore, 1991

² Manuel L. Soriano, Proceedings AEEMTRC 6th Workshop, Singapore, 1991

Kegiatannya sedikit lebih lengkap dari level 1 dan sudah didasarkan dengan hasil pengukuran sesaat.

Detailed energy audit adalah tingkatan paling tinggi yaitu level 3 dalam kegiatan audit energy. Audit ini mendalam dengan lingkup yang lebih luas rekomendasi didasarkan atas kajian engineering dengan urutan prioritas yang jelas. Outputnya adalah uraian tentang jenis dan sumber energi, rugi-rugi energi, faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi energi, karakteristik operasi peralatan/sistem energi, potensi penghematan energi dan analisis data secara tuntas dan lengkap.

Aktifitas	Level Audit		
	Level 1	Level 2	Level 3
Mengumpulkan data energi dan wawancara	X	X	X
Dokumen teknik	-	X	X
Interview penghuni bangunan	-	X	X
Pengukuran :level cahaya	-	X	X
Pengukuran :semua level	-	-	X
Evaluasi dasar sistem teknikal	X	X	X
Heat balance	-	X	X
Potensi penghematan	X	X	X
Usulan investmant : <i>guiding</i>	-	X	-
Usulan investmant : <i>well-grounded</i>	-	-	X

Sumber ; pusediklat ekfl, dept.ESDM, 2008

Tabel 2.1 Kegiatan level audit

Langkah-langkah audit energy yakni :

1. Persiapan

Tahap persiapan terdiri dari, tentukan obyek audit, bentuk tim audit/auditor, alat ukur (thermometer, lux meter, tang amphere).

2. Pengumpulan data

Terdiri dari data historis konsumsi energy, spesifikasi peralatan energy. hasil pengukuran cahaya/ac/arus terpakai, observasi, wawancara petugas energi/karyawan, data spesifikasi gedung.

3. Analisa/evaluasi data

Pada tahap analisa ini, data yang diperoleh kemudian dihitung, dibuatkan grafik, *benchmark* dengan standar yang berlaku (SNI, ASHRAE, dll.), produktifitas peralatan energy.

4. Pelaporan

Laporan adalah hasil akhir kegiatan audit energy. Di dalamnya termuat rekomendasi penghematan energy.

Keuntungan Audit energy antara lain :

- a. Dapat mengidentifikasi distribusi dan porsi penggunaan energy di setiap pusat biaya energy melalui neraca energy
- b. Dapat mengkuantifikasi konsumsi biaya energy di setiap kelompok fasilitas pengguna energy (pusat biaya energy)
- c. Dapat mengidentifikasi kerugian (losses) energy
- d. Dapat menetapkan target konservasi energy
- e. Dapat mengambil langkah-langkah konservasi energy
- f. Menunjang prosedur (SOP) pemeliharaan fasilitas energy
- g. Membantu meningkatkan efisiensi dan produktifitas perusahaan.

II.2 TATA CAHAYA (PENERANGAN)

Ada beberapa istilah dan definisi yang umum digunakan dalam bidang penerangan. Istilah dan definisi tersebut sering digunakan dalam kegiatan sehari-hari maupun teknis.

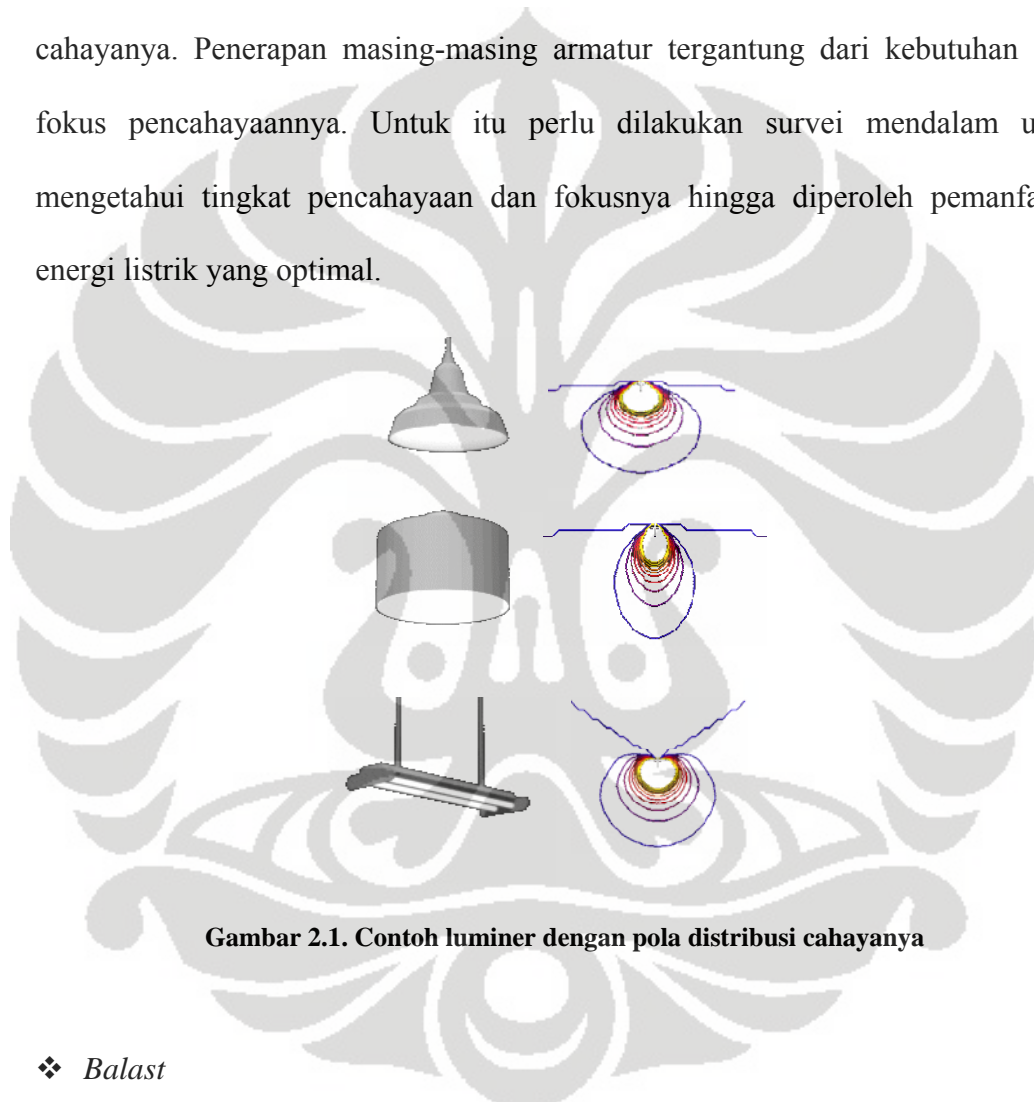
❖ Armatur (*luminer*)

Rumah lampu yang dirancang untuk mengarahkan cahaya, untuk tempat dan melindungi lampu serta untuk menempatkan komponen-komponen listrik.

Armature dengan lampu adalah satu unit pencahayaan, termasuk satu atau lebih lampu, permukaan yang memantulkan cahaya, sarung yang bersifat melindungi, untaian dan koneksi yang elektrik. Semua komponen ini mempengaruhi keseluruhan keluaran dari cahaya dari unit tersebut, terutama sekali distribusi

cahaya. Meskipun dengan daya lampu yang sangat kuat, bahan-bahan yang agak tembus pandang atau tembus cahaya sekalipun akan mengurangi alir permukaan yang memantulkan cahaya dan dapat dengan cepat menjadi kotor/berdebu yang akan mengurangi keluaran cahaya.

Pada gambar 2.1 terlihat beberapa contoh armatur dengan pola distribusi cahayanya. Penerapan masing-masing armatur tergantung dari kebutuhan akan fokus pencahayaannya. Untuk itu perlu dilakukan survei mendalam untuk mengetahui tingkat pencahayaan dan fokusnya hingga diperoleh pemanfaatan energi listrik yang optimal.



Gambar 2.1. Contoh luminer dengan pola distribusi cahayanya

❖ *Balast*

Alat yang dipasang pada lampu Fluoresen (TL) dan lampu pelepasan gas lainnya untuk membantu dalam penyalaan dan pengoperasiannya.

❖ Faktor radiasi matahari

Laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan

❖ Penetrasi

Bukaan atau lubang cahaya pada dinding bangunan yang mentransmisikan cahaya. Termasuk disini adalah bahan yang tembus cahaya seperti kaca atau plastik, peralatan peneduh luar atau dalam dan sistem peneduh lanilla

❖ Tingkat pencahayaan (*iluminansi*)

Fluks luminus yang datang pada permukaan atau hasil bagi antara fluks cahaya dengan luas permukaan yang disinari dinyatakan dalam lux.

Kualitas warna cahaya dibedakan menjadi:

➤ Warna cahaya lampu (Correlated Colour Temperature = CCT)

Warna cahaya lampu tidak merupakan indikasi tentang efeknya terhadap warna obyek, tetapi lebih kepada memberi suasana. Warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi :

Warna putih kekuning-kuningan (warm-white), kelompok 1 (< 3.300 K);

Warna putih netral (cool-white), kelompok 2 (3.300 K ~ 5.300 K);

Warna putih (daylight), kelompok 3 (> 5.300 K);

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 > 5.000 K (daylight) sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman. Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminansi yang tidak terlalu tinggi, maka warna lampu yang digunakan < 3.300 K (warm white).

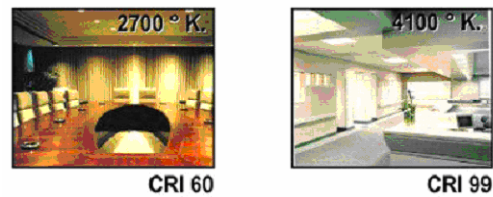
➤ *Color Rendering Index (CRI)*

Color rendering adalah evaluasi bagaimana penampakan warna dibawah sumber sinar. Sebagai contoh bayangan merah dapat berenderasi merah muda, lebih kuning, lebih terang atau lebih gelap tergantung dari karakteristik iluminasi yang jatuh padanya.

Efek suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda-beda. Lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks, sebagai berikut :

- a) Efek warna kelompok 1 : Ra indeks 80 ~ 100%
- b) Efek warna kelompok 2 : Ra indeks 60 ~ 80%
- c) Efek warna kelompok 3 : Ra indeks 40 ~ 60%

d) Efek warna kelompok 4 : Ra indeks <40%

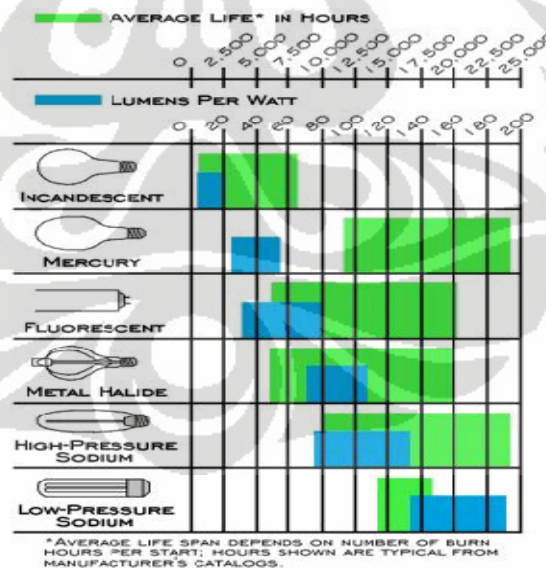


Gambar 2.2. Perbandingan Renderasi

❖ Efikasi (Efisiensi lampu)

Efisiensi lampu biasanya dihitung dengan membagi keluaran sinar (dalam lumen) dengan masukan listrik (watt). Hasilnya adalah lumen/watt (LPW), karena biasanya lumen per watt lebih besar dari satu maka istilah efisiensi dikoreksi menjadi efikasi.

Perlu diperhatikan dalam menghitung LPW sumber cahaya, bahwa kebanyakan pada katalog pabrik pembuat lampu watt input lampu hanya dari lampu saja, padahal ada beberapa lampu yang menggunakan balas dan sirkuit yang memerlukan watt juga. Di bawah gambar 4. adalah ilustrasi efikasi sumber cahaya (termasuk beban balas) dan umur lampu dengan daya listrik masukan suatu sumber cahaya dinyatakan dalam satuan lumen per Watt.



Tabel 2.2 Efikasi beberapa jenis lampu- Hasil bagi antara fluks luminus (lumen).

❖ *Luminansi*

Hasil bagi antara intensitas cahaya pada arah tertentu terhadap luas sumber cahaya yang diproyeksikan ke atau pada arah tersebut, dinyatakan dalam satuan kandela per m² (cd/m²).

❖ *Konservasi energi*

Upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan

❖ *Level cahaya*

Sebelum melakukan program retrofit atau desain sistem pencahayaan, pertama-tama perlu dilakukan perhitungan level kesesuaian dan kecukupan iluminasi sesuai dengan fungsi dan aktivitas baik di dalam maupun diluar fasilitas yang akan diprogramkan tersebut. Perlu diperhatikan dengan teliti setiap daerah, pencahayaan apa yang diperlukan dan perlu juga ditanyakan pada pengguna apakah cahaya terlalu terang atau malah menyilaukan. Untuk lebih teliti maka diperlukan alat lux meter dan area diukur untuk beberapa waktu baik pagi, siang maupun malam.

Dalam banyak kasus, level pencahayaan berlebihan dan perlu diatur melalui delamping atau konversi ke sistem pencahayaan lain. Standar Nasional Indonesia tentang sistem pencahayaan merekomendasikan tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna adalah seperti pada tabel 2.3. sebagai berikut.

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K~5300K	Daylight > 5300 K
Rumah tinggal :					
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	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦

Tabel 2.3A Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi, dan temperatur warna

Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		*	*
Lembaga Pendidikan :					
Ruang kelas	250	1 atau 2		*	*
Perpustakaan	300	1 atau 2		*	*
Laboratorium	500	1		*	*
Ruang gambar	750	1		*	*
Kantin	200	1	*	*	
Hotel dan Restoran :					
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	*	*	
Rumah sakit/ Balai pengobatan					
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		*	*
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		*	*
Laboratorium	500	1 atau 2		*	*
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	*	*	
Pertokoan/Ruang Pamer :					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	*	*	*
Toko kue dan makanan.	250	1	*	*	
Toko bunga	250	1		*	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	*	*	*
Toko perhiasan, 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 musik dan olahraga	250	1	*	*	*
Industri (Umum) :					
Gudang	100	3		*	*
Pekerjaan kasar	100 ~ 200	2 atau 3		*	*
Pekerjaan menengah	200 ~ 500	1 atau 2		*	*
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1		*	*
Pekerjaan amat halus	1000~2000	1		*	*
Pemeriksaan warna	750	1		*	*
Rumah ibadah :					
Masjid	200	1 atau 2		*	
Gereja	200	1 atau 2		*	
Vihara	200	1 atau 2		*	

Tabel 2.3B Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi, dan temperatur warna

❖ **Beban pencahayaan**

Mengubah gedung ke arah yang lebih efisien sistem pencahayaannya akan mengurangi konsumsi energi dan juga beban puncak listrik. Berdasarkan SNI sistem pencahayaan kita dapat memperkirakan konsumsi energi per ruangan seperti pada tabel 2.4 sebagai berikut.

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m²)(termasuk rugi-rugi ballast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Hotel	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah sakit	
Ruang pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Inddustri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sibuk seperti hotel,	30
Lalu lintas sedang seperti rumah	15
Jalan dan lapangan :	
Tempat penimbunan atau tempat	2,0
Tempat untuk santai seperti taman,	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan	1,5
Tempat parkir	2,0

Tabel 2.4 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Selain benchmark diatas maka ada beberapa petunjuk singkat tentang perkiraan daya pencahayaan lampu pada gedung perkantoran sebagai berikut :

Lampu hemat energi = 1.5 – 2.5 watt/ft²

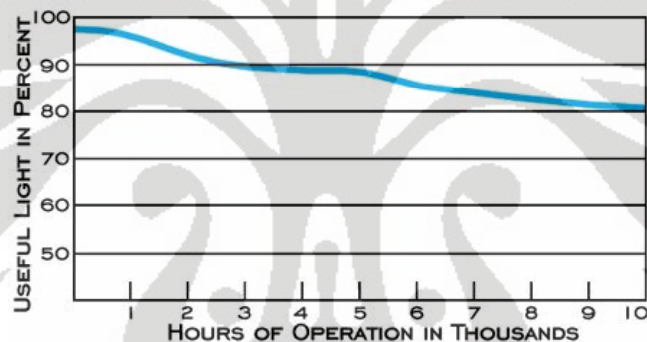
Lampu neon/fluorecent = 1.2 - 4.0 watt/ft²

Lampu HID (High Intensity Discharge) 1.0 - 2.0 watt/ft²

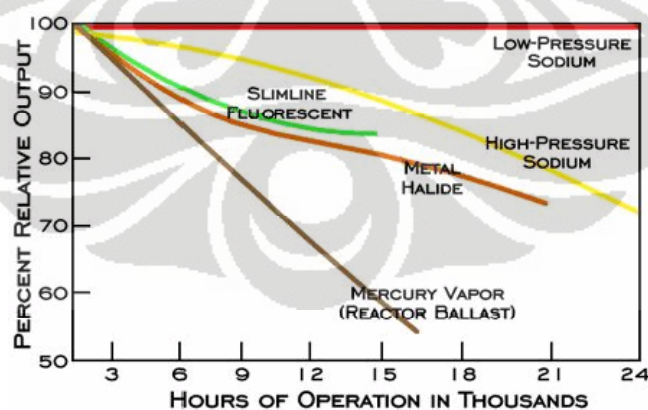
Setiap 2.0 - 3.0 kW daya pencahayaan membutuhkan penambahan 1 kW pendinginan, secara teoritis setiap pengurangan 1 kW daya pencahayaan akan mengurangi 1.3 -1.5 kW energi total.

❖ Umur lampu

Selama fase awal pembakaran lampu gas discharge, keluaran cahaya bervariasi secara berarti dari tingkat level keluarannya, terkadang sangat berlebihan, sehingga setelah pembakaran awal keluaran lampu akan berkurang. Oleh karena itu hampir semua pembuat lampu memberikan tingkat keluaran cahayanya sesudah 100 jam operasinya. Setiap sumber cahaya mempunyai tingkat pengurangan lumen seperti pada grafik di bawah ini sebagai apresiasi lampu. Semakin tua usia lampu maka semakin berkurang efisiensinya, oleh karena itu akan lebih ekonomis menggantikan lampu sebelum lampu tersebut terbakar/mati.



Grafik 2.1 Depresiasi pada lampu fluorescent



Grafik 2.2 Depresiasi pada beberapa jenis lampu

II.3 SISTEM PENDINGINAN

Air Conditioning (AC) adalah salah satu bagian dari system tata udara yang dikenal sebagai system HVAC (heating, ventilating, air conditioning). System ini sebagai utilitas bangunan gedung yang dimaksudkan untuk mengkondisikan udara di dalam ruangan agar menjadi sejuk dan nyaman bagi penghuni dalam melakukan aktifitas.

System *HVAC* mengkonsumsi energy dan biaya yang cukup besar di tempat tinggal atau gedung-gedung komersial. Karena banyak fasilitas industry tidak memiliki pemanas atau pendingin sendiri. Energy HVAC tidak dihitung untuk porsi yang besar dari kebutuhan energy total fasilitas tersebut. Kenyataannya banyak pabrik-pabrik dan kantor yang membebani semua fasilitasnya dengan system HVAC. Karena itu untuk mencari peluang penghematan penggunaan konsumsi energy pada system HVAC adalah bagian penting dalam program manajemen energy.

Banyak fasilitas system HVAC yang di desain dan setting dengan biaya yang murah, padahal seringkali biaya operasinya menjadi mahal karena faktor efisiensi energy yang tidak diperhatikan dengan baik.

II.3.1 Bagian-bagian Air Conditioning (AC)

❖ **Kompresor**

Kompresor adalah power unit dari sistem sebuah AC. Ketika AC dijalankan, kompresor mengubah fluida kerja/refrigent berupa gas dari yang bertekanan rendah menjadi gas yang bertekanan tinggi. Gas bertekanan tinggi kemudian diteruskan menuju kondensor.

❖ **Kondensor.**

Kondensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah/mendinginkan gas yang bertekanan tinggi berubah menjadi cairan yang bertekanan tinggi. Cairan lalu dialirkan ke orifice tube.

❖ **Orifice Tube**

Orifice tube adalah tempat di mana cairan bertekanan tinggi diturunkan tekanan dan suhunya menjadi cairan dingin bertekanan rendah. Dalam

beberapa sistem, selain memasang sebuah orifice tube, dipasang juga katup ekspansi.

❖ **Katup ekspansi**

Katup ekspansi merupakan komponen terpenting dari sistem. Ini dirancang untuk mengontrol aliran cairan pendingin melalui katup orifice yang merubah wujud cairan menjadi uap ketika zat pendingin meninggalkan katup pemuai dan memasuki evaporator/pendingin

❖ **Evaporator/pendingin**

Refrigerant menyerap panas dalam ruangan melalui kumparan pendingin dan kipas evaporator meniupkan udara dingin ke dalam ruangan. Refrigerant dalam evaporator mulai berubah kembali menjadi uap bertekanan rendah, tapi masih mengandung sedikit cairan. Campuran refrigerant kemudian masuk ke akumulator / pengering. Ini juga dapat berlaku seperti mulut/orifice kedua bagi cairan yang berubah menjadi uap bertekanan rendah yang murni, sebelum melalui kompresor untuk memperoleh tekanan dan beredar dalam sistem lagi. Biasanya, evaporator dipasang silikon yang berfungsi untuk menyerap kelembapan dari refrigerant.

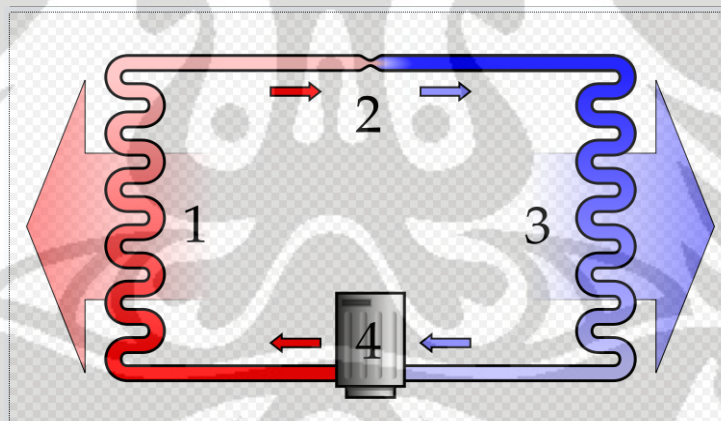
II.3.2 Cara kerja system Air Conditioning (AC)

Kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigerant), jadi refrigerant yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke condenser yang kemudian dimampatkan di kondenser.

Di bagian kondenser ini refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigerant fase uap menjadi refrigerant fase cair, maka refrigerant mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigerant. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondenser adalah jumlahan dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan.

Pada kondensor tekanan refrigerant yang berada dalam pipa-pipa kondenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigerant yang berada pada pipa-pipa evaporator. Setelah refrigerant lewat kondenser dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigerant dilewatkan melalui katup

ekspansi, pada katup ekspansi ini refrigerant tekanannya diturunkan sehingga refrigerant berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigerant akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini dibuat sedemikian rupa sehingga refrigerant setelah melewati katup ekspansi dan melalui tekanannya menjadi sangat turun. Hal ini secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada di evaporator relatif lebih besar jika dibandingkan dengan diameter pipa yang ada pada kondenser. Dengan adanya perubahan kondisi refrigerant dari fase cair ke fase uap maka untuk merubahnya dari fase cair ke refrigerant fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi yang diambil dalam substansi yang akan didinginkan maka enthalpi substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun, dengan turunnya enthalpi maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan. Lihat gambar 2.3



Gambar 2.3 Siklus pendinginan

Keterangan :

1. Kumbaran kondensor
2. Ekspansion valve
3. Kumbaran evaporator
4. Kompresor

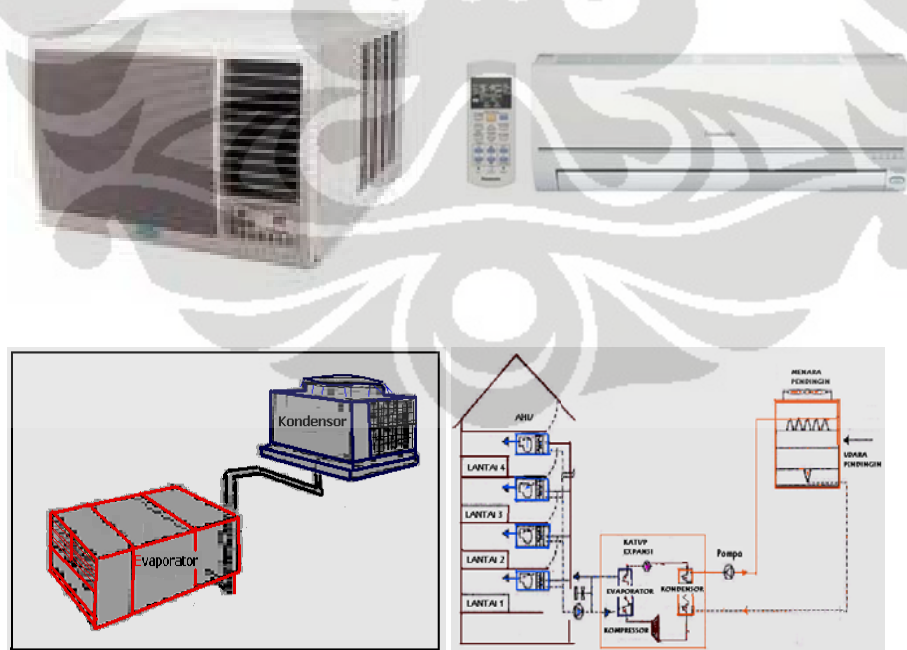
Kelembaban (humidity)

Adalah kandungan butiran air dalam udara. Biasanya disebut dengan kelembaban nisbi (relative humidity). Kelembaban nisbi adalah perbandingan dari tegangan parsial uap air dalam udara terhadap tekanan uap air yang dipenuhi pada kondisi yang ditentukan.

Refrijeran (*Refrigerant*)

Adalah suatu campuran yang digunakan dalam siklus panas yang mengalami perubahan fase dari gas ke cair dan sebaliknya. Jenis refrijeran yang umum digunakan adalah Fluorocarbon. Fluorocarbon adalah senyawa organik yang mengandung 1 atau lebih atom Fluorine. Lebih dari 100 fluorocarbon yang telah ditemukan. Kelompok Freon dari fluorocarbon terdiri dari Freon-11 (CCl_3F) yang digunakan sebagai bahan aerosol, dan Freon-12 (CCl_2F_2), umumnya digunakan sebagai bahan refrijeran. Saat ini, freon dianggap sebagai salah satu penyebab lapisan Ozon Bumi menjadi lubang dan menyebabkan sinar UV masuk.

II.3.3 Jenis-jenis Air Conditioning (AC)

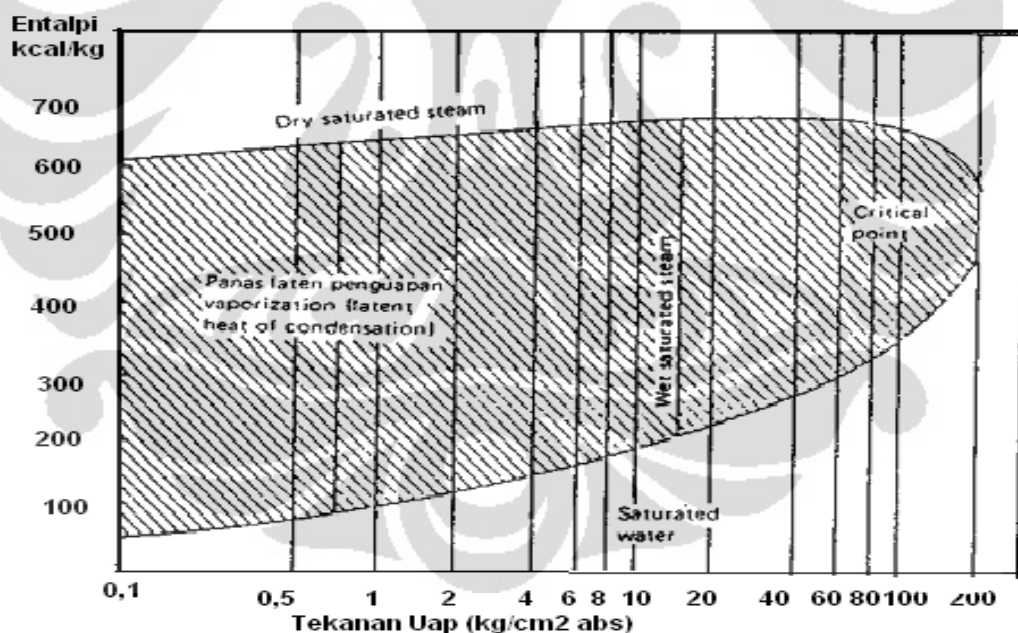


Gambar 2.4 Jenis-jenis AC (dari kiri atas, AC window, AC splt, AC unit package, AC sentral)

II.4 SISTEM BOILER

Boiler sebagai pembangkit uap telah dikenal sejak jaman revolusi industri. Uap digunakan sebagai media pembawa energi pada pusat pembangkit daya maupun untuk keperluan pemanasan di industri atau bangunan komersil. Beberapa keuntungan uap adalah :

1. Adanya hubungan yang tetap antara tekanan dan temperatur uap jenuh. Temperatur uap dapat dipertahankan konstan bilamana tekanan dibuat konstan.
2. Uap memiliki panas laten penguapan/kondensasi yang besar, semakin rendah tekanan uap semakin besar panas laten (lihat gambar berikut).
3. Uap secara kimiawi stabil dan tidak beracun.
4. Meskipun volume uap relatif besar, namun bila uap melakukan kerja, uap akan berkondensasi dengan volume yang relatif kecil sehingga mudah di handle.



Gambar 2.5 Diagram uap

Pada sebagian besar industri, boiler merupakan peralatan energi penting yang diibaratkan sebagai jantung penggerak kegiatan. Boiler sebagai jantung pabrik harus mampu menyediakan uap dengan jumlah yang cukup pada waktu yang tepat

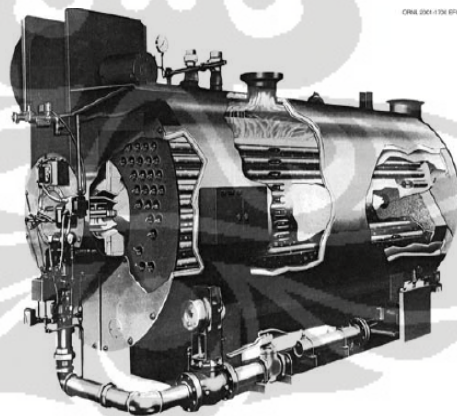
serta dengan kecepatan yang sesuai untuk seluruh bagian pabrik yang membutuhkan. Boiler juga termasuk jenis pesawat atau peralatan yang diatur dalam undang-undang dan pengoperasiannya berada dalam pengawasan Pemerintah.

II.4.1 Jenis-jenis Boiler

Jenis boiler dapat dikelompokkan berdasarkan besarnya kapasitas, tekanan, sirkulasi air boiler, dan sumber energi yang digunakan. Jenis boiler yang umum dikenal adalah sebagai berikut :

♣ Boiler Pipa Api

Boiler pipa api pada umumnya kapasitasnya kecil (maksimum 30 ton/jam) dan didisain untuk menghasilkan uap dengan tekanan sedang/medium. Prinsip kerja boiler pipa api ini adalah, api dan gas panas hasil pembakaran bahan bakar mengalir di dalam pipa dan memanasi air yang berada di luar pipa sehingga air tersebut berubah menjadi uap sebagaimana ditunjukkan dalam gambar berikut. Perpindahan panas dari api/gas panas ke air/uap berlangsung melalui pipa-pipa tersebut.

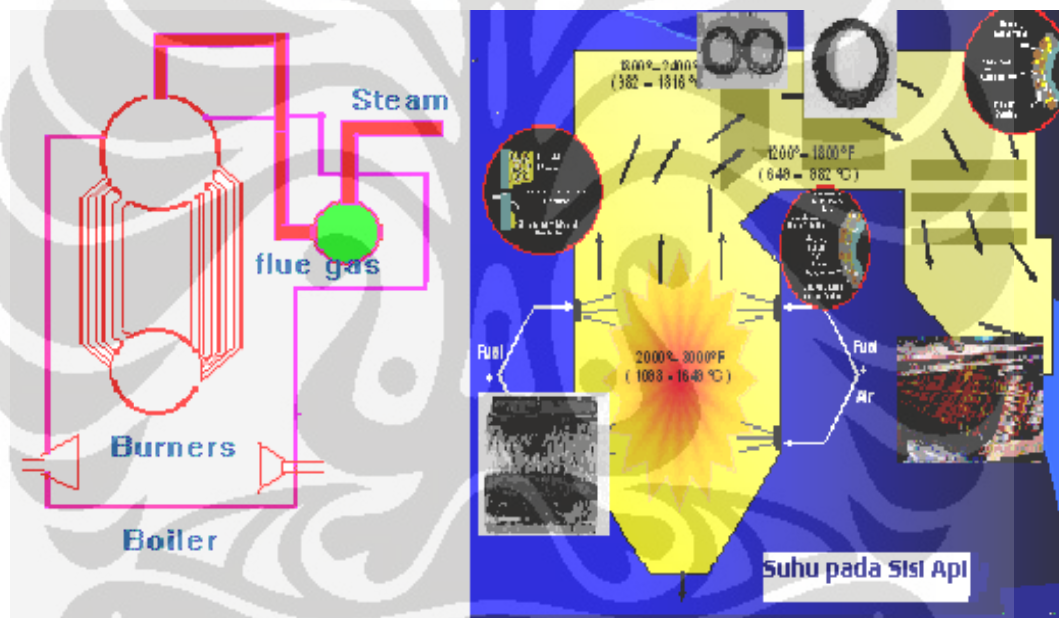


Gambar 2.6 Boiler pipa api

♣ Boiler pipa air

Boiler pipa air pada umumnya mempunyai kapasitas besar hingga 350 ton/jam, dan efisiensinya relatif lebih tinggi. Prinsip kerja boiler pipa air ini adalah api dan gas panas hasil pembakaran bahan bakar mengalir di luar pipa dan memanasi air yang

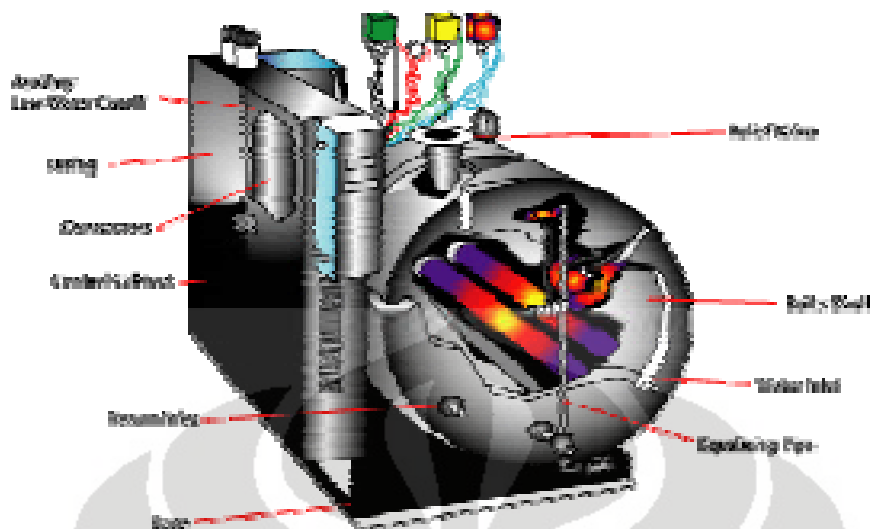
berada di dalam pipa hingga berubah menjadi uap sebagaimana ditunjukkan dalam gambar berikut. Suhu gas panas pada sisi api dapat mencapai (2000 – 3000) F atau sekitar (1093-1649) C. Boiler pipa air terdiri dari drum dan sejumlah pipa-pipa yang berisi air. Pipa pipa air ini merupakan bagian terbesar dari bidang pemanasan (heating surface) boiler. Pada bidang pemanasan inilah terjadi perpindahan panas dari gas panas hasil pembakaran ke air yang kemudian berubah jadi uap. Pada boiler pipa air terdapat dua drum yang terletak pada bagian atas dan bawah. Pada drum bagian atas terdapat valves dan fitting serta pipa uap dan pipa pipa air masuk dan keluar. Disamping itu drum atas juga dilengkapi dengan peralatan seperti alat kontrol dan dan pipa untuk memasukkan bahan kimia (chemical feed).



Gambar 2.7 Boiler pipa air

♣ Boiler listrik

Boiler listrik adalah bentuk modern dari boiler pipa api dimana sumber energi yang digunakan berasal dari listrik pada elektroda yang dipendam di dalam air boiler seperti gambar berikut.



Gambar 2.8 Boiler listrik

Tekanan uap

Berdasarkan tekanan uap yang dihasilkan boiler dapat dibagi menjadi :

1. Boiler tekanan rendah
Yaitu, boiler dengan tekanan kurang lebih 1.5 bar
2. Boiler tekanan medium
Yaitu, boiler dengan tekanan 1.5 – 20 bar
3. Boiler tekanan tinggi
Yaitu, boiler dengan tekanan lebih dari 20 bar

Sirkulasi air boiler

Berdasarkan sirkulasi air yang terjadi dalam boiler, maka boiler dibedakan menjadi :

1. Boiler sirkulasi alam
Yaitu, boiler dengan sirkulasi air di dalam boiler berlangsung secara alami berdasarkan perbedaan berat jenis air akibat perbedaan suhu.
2. Boiler dengan sirkulasi paksa

Yaitu, dengan sirkulasi air dalam boiler dilakukan secara paksa dengan bantuan pompa sirkulasi.

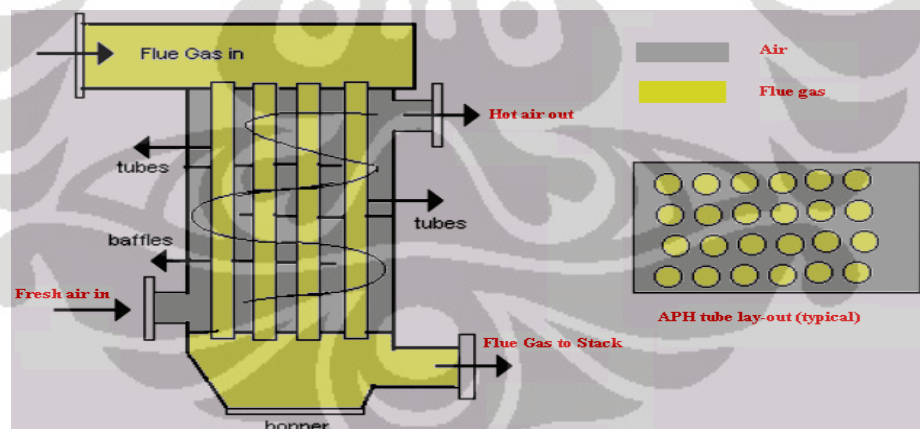
II.4.2 Boiler auxiliaries

Untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi, boiler dilengkapi dengan *auxiliaries* antara lain :

1. Air pre-heater (udara pembakaran dipanasi dengan flue gas)
2. Economizer (boiler feed water dipanaskan dengan flue gas)
3. Super heater (steam super heater dipanasi dengan flue gas)
4. Induced draft/Forced draft fans (untuk mengalirkan/mensirkulasikan udara)
5. High efficiency burner (untuk otomasi yang lebih baik)
6. Auto damper control (untuk mengontrol tekanan dan aliran udara)
7. Oxygen monitor / combustion controler

Air pre-heater

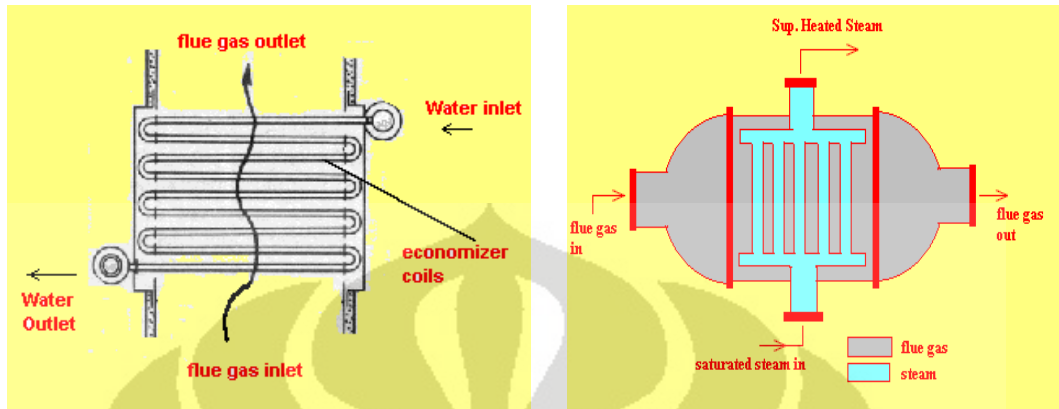
Berguna untuk meningkatkan efisiensi boiler.



Gambar 2.9 Pre-heater

Economizer

Berguna untuk meningkatkan efisiensi thermal



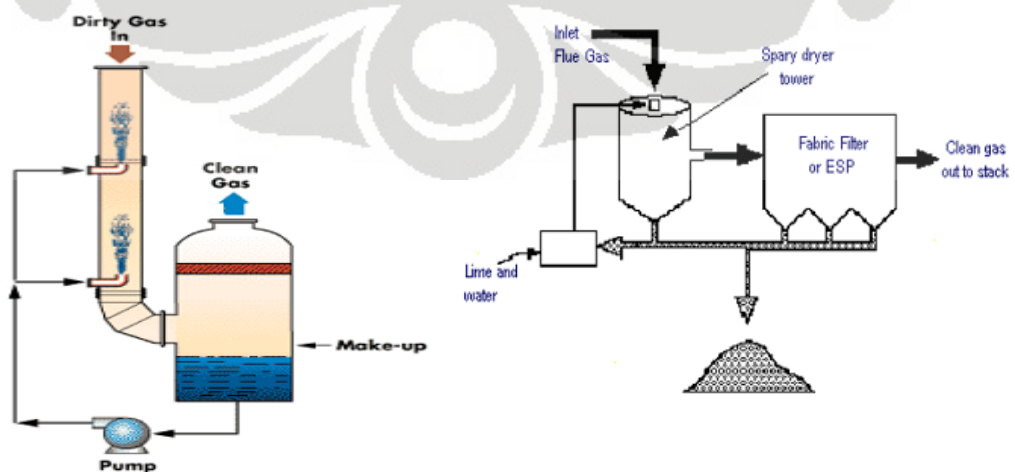
Gambar 2.10 Ekonomizer dan pre-heater

Super heater

Dimaksudkan agar uap keluar dari boiler pada kondisi superheated, Panas dari flue gas digunakan untuk superheater sekaligus untuk menghemat energi.

SO₂ Scrubber

Bila bahan bakar boiler mengandung sulfur, maka gas SO₂ akan muncul di stack sebagai produk hasil pembakaran. Kondisi ini sering terjadi pada bahan bakar batubara yang secara tipikal umumnya mengandung sulfur sekitar 2 – 3 %. Untuk mengurangi atau menghilangkan emisi gas SO₂, maka desulfurisasi harus dilakukan dan untuk itu boiler harus dilengkapi dengan SO₂ scrubber. Ada dua jenis scrubber yaitu : Scrubber tipe basah dan kering.



Gambar 2.11 Scrubber basah & kering

II.5 SELUBUNG BANGUNAN (*INSULATION*)

Secara umum selubung bangunan merupakan komponen/bagian gedung yang melingkupi ruangan dimana energi termal masuk atau keluar dalam gedung tersebut dari lingkungan sekitar. Energi yang keluar masuk terutama adalah pada jendela, kemudian karena infiltrasi, atap, dinding dan kemudian lantai.

II.5.1 Definisi

Dalam standar selubung bangunan baik yang memakai standar ASHRAE maupun standar SNI, ada beberapa istilah yang perlu diketahui dalam melakukan perancangan, mengoperasikan, memeriksa dan menguji suatu selubung bangunan, yaitu :

1. Benda temperature equivalen

Beda temperatur yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar, sehingga menimbulkan aliran panas total ke dalam bangunan.

2. Faktor radiasi matahari

Laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan.

3. Penetrasi

Bukaan atau lubang cahaya di dalam bangunan yang mentransmisikan cahaya termasuk di sini adalah bahan yang tembus cahaya seperti kaca atau plastik, peralatan peneduh luar atau dalam dan sistem peneduh lainnya.

4. Nilai perpindahan thermal menyeluruh (OTTV)

Suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan pada bangunan yang dikondisikan.

5. Nilai perpindahan thermal atap (RTTP)

Nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan penutup atap yang dilengkapi dengan lubang cahaya atap.

6. Kriteria peneduh

Angka perbandingan antara perolehan panas radiasi matahari melalui lubang-lubang cahaya terhadap perolehan kalor radiasi matahari yang melalui kaca bening setebal 3 mm yang tidak terlindung.

7. Selubung bangunan

Adalah elemen bangunan yang melingkupi bangunan seperti dinding dan atap bangunan di mana sebagian besar energi termal berpindah lewat elemen tersebut.

8. Transmittansi termal yang selanjutnya disebut nilai U

Adalah jumlah panas yang mengalir lewat satu satuan luas bagian bangunan, pada kondisi mantap, per satuan waktu, per satuan beda temperatur udara yang terdapat di tiap permukaan bagian bangunan tersebut.

II.5.2 Persyaratan SNI selubung bangunan

Dalam merancang suatu selubung bangunan yang memenuhi standar SNI tahun 1996 dan hemat energi memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Standar SNI selubung bangunan tahun 1997 berlaku hanya untuk komponen dinding (termasuk jendela) dan atap pada bangunan yang dikondisikan. Bangunan yang dikondisikan umumnya menggunakan AC, oleh karena itu semakin kecil perpindahan panas kedalam bangunan maka akan memperkecil beban pendingin sehingga akan menghemat energi.
- Berdasarkan SNI tersebut ditetapkan perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi harga perpindahan panas menyeluruh yaitu 45 Watt/m². Meskipun untuk negara-negara ASEAN lain tahun 2003 menetapkan OTTV adalah 20 Watt/m² (lihat tabel).

Tahun	OTTV (Overall Thermal Transfer Value (w/m ²))	
	Indonesia	Sing, Mal, Thai, Phil
2000 ~ 2001	45	45
2001 ~ 2002	40	35
2002 ~ 2003	≥ 35	≤ 20

Tabel 2.5 Benchmark OTTV

Dari benchmark OTTV di atas maka selubung bangunan di Indonesia masih mempunyai potensi yang cukup besar berkaitan langsung dengan penghematan

energi (semakin kecil OTTV maka semakin hemat daya tata udara sehingga secara keseluruhan gedung akan lebih hemat).

II.5.3 Ketentuan dasar

Dalam melakukan perhitungan selubung bangunan ada beberapa ketentuan yang harus diikuti, yaitu :

II.5.3.1 Harga Perpindahan Panas Menyeluruh (OTTV)

Untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan, yaitu dinding dan atap, maka harus ditentukan kriteria perancangan yang dinyatakan dalam harga perpindahan termal menyeluruh untuk selubung bangunan.

- **Dinding luar**

Dalam merancang dinding luar nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk dinding luar bangunan harus tidak melebihi standar yang ditetapkan, untuk saat ini standar OTTV adalah maksimum 45 W/m². Untuk menghitung OTTV setiap bidang dinding luar orientasi tertentu harus dihitung melalui persamaan berikut :

$$OTTV = [(U_w \times (1 - WWR)) \times TD_{\epsilon Q}] + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T)$$

Dimana :

OTTV = Harga perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m²).

α = absortansi radiasi matahari. Untuk beberapa nilai α dapat dilihat pada table2.

U_w = Transmittansi termal dinding tak tembus cahaya (W/m².K).

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

$TD_{\epsilon Q}$ = Beda suhu ekuivalen antara luar dan dalam. Nilai TDEQ diberikan pada tabel 4.

SF = Faktor radiasi matahari

SC = Koefisien peneduh dari system penetrasi

U_f = Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K).

ΔT = Beda suhu antara perencanaan bagian luar dan bagian dalam (5 K)

Dari persamaan untuk mencari OTTV diperlukan beberapa variabel yang akan dijelaskan di bawah ini :

a. Absortansi thermal

Absorbtansi termal adalah panas yang dapat diserap oleh permukaan dinding atau atap. Dari berbagai dinding dan atap yang ada di Indonesia nilai absorbtansi termal (α) untuk beberapa jenis permukaan dinding tak tembus cahaya seperti pada tabel 2.6. Dari tabel tersebut terlihat semakin berat dan berwarna gelap nilai absorbtansinya atau daya menyerap panas semakin besar. Sebagai contoh beton berat mempunyai nilai absorbtansi 0.91 dan cat hitam mempunyai nilai absorbtansi 0.95. Oleh karena itu maka dalam pemilihan bahan perlu diperhatikan sehingga dapat dihasilkan bangunan yang hemat energi.

Bahan dinding Bahan permukaan dinding luar	α	Cat dinding Cat permukaan dinding luar	α
Beton berat(1)	0,91	Hitam merata	0,95
Bata merah	0,89	Pernis hitam	0,92
Bituminous felt	0,88	Abu-abu tua	0,91
Batu sabak	0,87	Pernis biru tua	0,91
Beton ringan	0,86	Cat minyak hitam	0,90
Aspal jalan setapak	0,82	Coklat tua	0,88
Kayu permukaan halus	0,78	Abu-abu biru tua	0,88
Beton ekspos	0,61	Biru/hijau tua	0,88
Ubin putih	0,58	Coklat medium	0,84
Batu kunung tua	0,56	Pernis hijau	0,79
Atap putih	0,50	Hijau medium	0,59
Cat alumunium	0,40	Kuning medium	0,58
Kerikil	0,29	Hijau/biru medium	0,57
Seng putih	0,26	Hijau muda	0,47
Batu gelazur putih	0,25	Putih semi kilap	0,30
Lembaran alumunium yang dikilapkan	0,12	Putih kilap	0,25
Pernis putih	0,21	Perak	0,25

Tabel 2.6 Nilai absorbtansi radiasi matahari untuk dinding luar dan cat

b. Transmittansi thermal dinding tak tembus cahaya

Transmittansi termal adalah panas yang dapat melalui dinding. Nilai transmittansi termal atau nilai U untuk dinding tak tembus cahaya bervariasi menurut tingkatan berat dinding dan isolasinya. Beberapa contoh nilai U dapat dilihat pada tabel 2.7. Dari tabel tersebut memperlihatkan semakin tebal tingkat osilasi dan semakin berat tingkat berat akan memperbaiki nilai U nya ini berarti semakin kecil panas yang masuk/keluar.

Tingkat isolasi dinding (mm)	Tingkatan berat		
	Ringan ⁽¹⁾ ≤ 125 kg/m ²	Sedang ⁽²⁾ 126~195 kg/m ²	Berat ⁽³⁾ ≥ 195 kg/m ²
0,0	1,80	1,50	1,30
12,5	1,25	1,00	0,90
25,0	0,90	0,80	0,70
37,5	0,70	0,65	0,60
50,0	0,60	0,60	0,56

Tabel 2.7 Nilai transmittansi termal untuk dinding bangunan tak tembus cahaya (W/m².K)

Keterangan :

⁽¹⁾ dinding kayu, plywood, tripleks dengan lapis glasswool, fibreglass

⁽²⁾ beton ringan

⁽³⁾ dinding beton, batubata ketebalan 10-20 cm

c. Beda temperature equivalen

Secara umum beda temperatur ekuivalen dapat disebut sebagai akibat efek radiasi matahari dan temperatur udara luar, sehingga menimbulkan aliran panas total ke dalam bangunan.

Beda temperatur ekuivalen (TDEQ) dipengaruhi oleh :

- Tipe, massa, dan densitas konstruksi
- Intensitas radiasi dan lama penyinaran
- Lokasi dan orientasi bangunan

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, maka nilai TDEQ untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada tabel 2.8. Dari tabel terlihat semakin

tinggi berat per satuan luas suatu dinding akan semakin rendah beda temperatur ekuivalennya.

Berat/satuan luas (kg/m ²)	TD _{εQ}
≤ 125	15
126 ~ 195	12
≥ 195	10

Tabel 2.8 Beda temperature equivalen untuk dinding

d. Faktor rerata radiasi matahari

Faktor rerata radiasi matahari adalah laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan. Faktor ini dihitung berdasarkan pada daerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia.

Beberapa faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 sampai dengan jam 18.00 di daerah sekitar Jakarta. Untuk bidang vertikal pada berbagai orientasi dapat dilihat pada tabel 2.9.

Orientasi	U	T	TL	TGR	S	BD	B	BL
	130	113	112	97	97	176	243	211

Tabel 2.9 Faktor radiasi matahari (SF, W/m²) - Untuk berbagai orientasi⁽¹⁾

⁽¹⁾berdasarkan data radiasi matahari di Jakarta

Keterangan :

Rata-rata untuk seluruh orientasi SF = 147

U = utara TL = timur laut S = selatan
 T = timur TGR = tenggara BD = barat daya
 B = barat
 BL = barat laut

Setelah dapat menghitung OTTV dengan rumus dan variabel di atas per satuan dinding baik dinding tak tembus cahaya maupun tembus cahaya (termasuk jendela), maka dapat dihitung OTTV seluruh dinding dengan menggunakan persamaan sbb. :

$$OTTV = \frac{(A_{o1} \times OTTV1) + (A_{o2} \times OTTV2) + \dots + (A_{oi} \times OTTVi)}{A_{o1} + A_{o2} + A_{oi}} \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

A_{oi} = luas total dinding pada bagian dinding luar i (m²). Luas total ini termasuk semua permukaan dinding tak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut.

$OTTV_i$ = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i sebagai hasil perhitungan

- **Atap**

Perpindahan termal pada atap disebut dengan Roof Thermal Transfer Value (RTTV). Jenis atap dapat dibagi dua yaitu atap dengan lubang cahaya atap (skylight) dan atap tanpa lubang cahaya atap.

- a. Atap dengan lubang cahaya tetap

Keuntungan menggunakan skylight adalah mengurangi pencahayaan dalam ruang, akan tetapi dapat meningkatkan radiasi cahaya yang akan membentuk panas yang akan mempengaruhi beban pendinginan di system pendinginan. Harga perpindahan termal atap maksimum adalah 45 W/m².

Untuk menghitung nilai perpindahan thermal untuk atap (RTTV) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$RTTV = \frac{(ArxUrxTD_{\epsilon Q}) + (AsxUsx\Delta T) + (AsxSCxSF)}{Ao} \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

RTTV = nilai perpindahan termal menyeluruh untuk atap (W/m²).

Ar = luas atap tak tembus cahaya (m²).

Ur = transmitansi termal atap tak tembus cahaya (W/m².K).

TD_{εQ} = beda temperatur ekuivalent (K).

As = luas lubang cahaya atap (m²).

Us = transmitansi termal dari lubang cahaya atap (W/m².K).

ΔT = beda temperatur antara kondisi perencanaan luar dan dalam (diambil 5 K).

SC = koefisien peneduh dari lubang cahaya atap.

SF = faktor radiasi matahari (W/m²).

Ao = luas total permukaan atap bangunan (m²), yaitu Ar + As.

Perhitungan masing-masing variabel :

- Nilai transmitansi thermal atap

Nilai transmitansi thermal (U) dihitung untuk U maksimum sesuai table 2.10.

Klasifikasi	Konstruksi Atap, W_r (kg/m^2)	Nilai U maksimum
Ringan ⁽¹⁾	< 50	0,5
Sedang ⁽²⁾	50 ~ 230	0,8
Berat ⁽³⁾	> 230	1,2

Tabel 2.10 Persyaratan nilai U maksimum penutup atap ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)

⁽¹⁾atap genteng beton

⁽²⁾beton ringan

⁽³⁾atap beton ketebalan ≥ 6 mm

➤ **Beda temperature equivalen**

Untuk menyederhanakan perhitungan, maka nilai-nilai beda temperature equivalen (TD_{eQ}) adalah sebagai berikut.

Berat atap per satuan luas (kg/m^2)	Beda temperature equivalen (TD_{eQ})
< 50	24
50 ~ 230	20
> 230	16

Tabel 2.11 Beda temperature equivalen berbagai penutup atap

➤ **Faktor radiasi matahari**

Nilai faktor radiasi matahari atau laju rata-rata setiap jam dari radiasi matahari pada selang waktu tertentu yang sampai pada suatu permukaan untuk bidang horisontal yang dihitung antara jam 07.00 sampai dengan 18.00 angka yang dapat dipakai adalah 316 W/m^2 .

➤ **Koefisien peneduh**

Nilai-nilai transmitansi termal dan koefisien peneduh untuk lubang cahaya atap seperti pada tabel 2.12

Jumlah lembar kaca	Transmitansi	Koefisien peneduh	Nilai U ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)
Ganda	0,86	0,60	0,45
Tunggal	0,52	0,50	0,75
Tunggal	0,27	0,30	0,75

Tabel 2.12 Nilai – U dan koefisien peneduh lubang cahaya atap

Apabila penutup atap terdiri atas berbagai bagian atap dengan orientasi dan sudut kemiringan yang berbeda, maka nilai perpindahan termal menyeluruh atap harus dihitung sebagai berikut :

$$RTTV = \frac{(A_{o1} \times OTTV1) + (A_{o2} \times OTTV2) + \dots + (A_{on} \times OTTVn)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{on}} \dots (2.3)$$

Luas seluruh atap harus termasuk di dalamnya semua atap tak tembus cahaya serta lubang cahaya atap bila permukaan tersebut menghadap ke udara luar dan melingkupi ruang-ruang dalam bangunan yang dikondisikan.

b. Atap tanpa lubang cahaya atap (tanpa skylight)

Penutup atap tanpa pencahayaan alami siang hari (tanpa skylight) merupakan atap yang umum di Indonesia. Bahan yang digunakan biasanya genteng tanah liat, seng, asbes, kayu atau beton.

Penutup atap tanpa pencahayaan alami siang hari, harus memenuhi ketentuan :

- Penutup atap tersebut harus memiliki transmitansi termal atau nilai U tidak melebihi angka pada table 2.6
- Bila digunakan lebih dari satu jenis bahan atap, maka transmitansi termal rata-rata untuk seluruh luasan atap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$U_r = \frac{(A_{r1} \times U_{r1}) + (A_{r2} \times U_{r2}) + \dots + (A_{rn} \times U_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{rn}} \dots (2.4)$$

Dimana :

U_r = transmitansi termal rata-rata (W/m².K).

U_{r1}, U_{r2}, U_{rn} = transmitansi termal dari berbagai bagian atap yang berbeda (W/m².K).

A_{r1}, A_{r2}, A_{rn} = luas dari berbagai jenis atap yang berlainan (m²).

Sedangkan berat atap per luas rerata dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$W_r = \frac{(A_{r1} \times W_{r1}) + (A_{r2} \times W_{r2}) + \dots + (A_{rn} \times W_{rn})}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{rn}} \dots (2.5)$$

Dimana :

W_r = berat atap rata-rata (kg/m²)

W_{r1}, W_{r2}, W_{rn} = berat dari jenis atap yang berlainan (kg/m²).

➤ Nilai U penutup atap dapat dinaikkan sebesar 50% bilamana salah satu kondisi berikut dipenuhi :

- a) Atap terlindung dari cahaya matahari langsung oleh peneduh berventilasi seperti atap ganda berventilasi.
- b) Digunakan perlakuan reflektifitas radiasi pada permukaan atap luar sehingga reflektifitas cahaya matahari sama atau lebih besar dari 0,7 dan perlakuan tersebut terhindar dari gangguan lumut.
- c) Untuk atap tanpa skylight perhitungan sesuai dengan persyaratan U maksimum, tanpa harus menghitung OTTV.

c. Ketentuan lain perhitungan atap

Pemanfaatan sistem pencahayaan alami siang hari tidak diperlukan dalam perhitungan RTTV, bila ketentuan berikut dipenuhi :

- a) Semua peralatan/perengkapan listrik untuk pencahayaan buatan dalam ruang yang terdapat di sekitar daerah lubang cahaya atap harus dikendalikan secara otomatis oleh suatu sistem pengendali pencahayaan alami siang hari.
- b) Daerah yang memperoleh pencahayaan alami siang hari adalah daerah di bawah lubang cahaya atap yang dimensi panjang dan lebarnya adalah sama dengan panjang dan lebar lubang cahaya atap ditambah dengan tinggi lubang cahaya atap terhadap lantai.
- c) Luas lubang cahaya atap termasuk rangkanya yang dinyatakan dalam prosen terhadap luasan atap tidak melebihi nilai yang tercantum pada tabel 2.13

Transmitansi cahaya	Tingkat pencahayaan (lux)	Intensitas daya pencahayaan buatan (W/m ²)			
		< 10	15	20	> 25
0,75	300	2,2	2,8	3,4	4,0
	500	2,3	3,1	3,9	4,7
	700	2,9	4,1	5,3	6,6
0,5	300	3,3	4,2	5,1	6,0
	500	3,6	4,8	6,0	7,2
	700	4,2	6,0	7,8	9,6

Tabel 2.13 Luas maksimum lubang cahaya atap (dalam % terhadap luas atap)

Dari tabel diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pada tabel tersebut luas lubang cahaya hanya dapat diinterpolasikan diantara kedua harga transmitansi tampak, yaitu 0,75 dan 0,50
- Prosentase maksimum luas lubang cahaya atap terhadap luas atap untuk harga lain-lainnya dari transmitansi tampak, tingkat pencahayaan dan intensitas daya pencahayaan dapat diperoleh dengan cara interpolasi.
- Luas daerah lubang cahaya sebagaimana tercantum pada tabel 2.14 bisa diperbesar 50% bila dipasang alat peneduh luar yang dapat mengurangi sebanyak 50% perolehan kalor cahaya matahari pada kondisi puncak dari periode yang dirancang.

II.5.3.2 Menghitung nilai WWR

WWR (Wall Window Ratio = perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan).

$$WWR = \frac{A_{jendela}}{A_{total}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$A_{jendela}$ = Luas jendela pada orientasi yang ditentukan.

A_{total} = Luas seluruh dinding luar = $A_{jendela} + A_{dinding}$

II.5.3.3 Menghitung nilai Uw

Uw atau disebut dengan transmitansi termal dinding tak tembus cahaya, biasanya menggunakan bahan-bahan semacam asbes, batu bata dan beton.

Untuk dinding tak tembus cahaya yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan, maka besarnya UW dihitung dengan rumus :

$$Uw = \frac{1}{R_{total}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

R_{total} = resistansi termal total $\sum_i^n R_i$

Resistansi termal, dapat terdiri dari :

- a) Resistansi lapisan udara luar (R_{UL})

Besarnya nilai R_{UL} ditunjukkan pada table 2.14

No.	Jenis permukaan	Resistansi thermal (M^2K/W)
1	Permukaan dalam	
a	Emisifitas tinggi ⁽¹⁾	0,120
b	Emisifitas rendah ⁽²⁾	0,299
2	Permukaan luar	
	Emisifitas tinggi	0,044

Tabel 2.14 Nilai R lapisan permukaan untuk dinding dan atap

⁽¹⁾emisifitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif)

⁽²⁾emisifitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti aluminium foil

b) Resistansi termal bahan (R_K)

$$R_K = \frac{L}{K} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

L = tebal bahan (m)

K = nilai konduktifitas termal bahan (W/m.K)

Besarnya harga K dapat dilihat pada lampiran 6.

c) Resistansi termal rongga udara (R_{RU})

Nilainya seperti ditunjukkan pada tabel 2.15

No.	Jenis celah udara	Resistansi termal (m^2K/W)		
		5 mm	10 mm	100 mm
1	R_{RU} untuk dinding Rongga udara vertical (aliran panas secara horizontal)			
	1. Emisifitas tinggi 2. Emisifitas rendah	0,110 0,250	0,148 0,578	0,160 0,606
2	R_{RU} untuk atap Rongga udara horizontal/miring (aliran panas ke bawah)			
	1. Emisifitas tinggi			
	– Rongga udara horizontal	0,110	0,148	0,174
	– Rongga udara kemiringan 22 1/2°	0,110	0,148	0,165
	– Rongga udara kemiringan 45°	0,110	0,148	0,158
	2. Emisifitas rendah			
– Rongga udara horizontal	0,250	0,572	1,423	
– Rongga udara kemiringan 22 1/2°	0,250	0,571	1,095	
– Rongga udara kemiringan 45°	0,250	0,570	0,768	
3	R_{RU} untuk loteng			
	1. Emisifitas tinggi 2. Emisifitas rendah		0,458 1,356	

Tabel 2.15 Nilai R lapisan rongga udara

d) Resistensi lapisan udara permukaan (R_{UL} dan R_{UD})

Nilainya seperti yang diunjukkan pada tabel 2.14

II.5.3.4 Menghitung nilai SC

SC atau disebut koefisien peneduh dari sistem fenestrasi, biasanya berbentuk tirai, kaca rayban dll. Koefisien peneduh tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh dengan cara mengalikan besaran SC kaca dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar, sehingga persamaannya menjadi :

$$SC = SCK \times SCEF \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

SC = koefisien peneduh sistem fenestrasi

SCK = koefisien peneduh kaca.

SCEF = koefisien peneduh efektif alat peneduh.

Pengaruh tirai dan atau korden di dalam bangunan gedung, khususnya untuk perhitungan OTTV, tidak termasuk yang diperhitungkan. Angka koefisien peneduh kaca didasarkan atas nilai yang dicantumkan oleh pabrik pembuatnya, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 45^o terhadap garis normal. Untuk mendapatkan koefisien peneduh kaca efektif maka diperlukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$SC_{hari} = \frac{\sum_{j=1}^{j=12} (A_{EK} \cdot I_L + A \cdot I_D)}{\sum_{j=1}^{j=12} (A \cdot I_T)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk menyederhanakan perhitungan, nilai SC suatu sarana peneduh untuk bulan-bulan tertentu dapat ditentukan berdasarkan data matahari yang berlaku pada hari-hari yang mewakili untuk bulan tersebut. Dalam menentukan SC efektif dari suatu sarana peneduh, diperlukan untuk seluruh 12 bulan setahun. Untuk tidak memakan waktu dan karena tingkat ketelitian bukanlah faktor yang sangat kritis, maka perhitungan SC cukup didasarkan atas bulan-bulan representatif dalam setahun, yakni bulan Maret, Juni, September dan Desember. Hari-hari representatif dari keempat bulan tersebut adalah tanggal : 21 Maret, 22 Juni, 23 September dan 22 Desember.

$$SC_{EF} = \frac{\sum_M (G \cdot I_L + G \cdot I_D) + \sum_J (G \cdot I_L + G \cdot I_D) + \sum_S (G \cdot I_L + G \cdot I_D) + \sum_D (G \cdot I_L + G \cdot I_D)}{\sum_M I_T + \sum_J I_T + \sum_S I_T + \sum_D I_T} \dots (2.11)$$

Dari perhitungan dengan software solar tool, maka didapatkan SC sebagai berikut

:

Effective Shading Coefficients

Latitude: -5.7°
Longitude: 103.4°
Timezone: 105.0° [+7.0hrs]
Orientation: 0.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	[Behind]	--	--
February	[Behind]	--	--
March	64.5%	100.0%	0.0%
April	65.8%	100.0%	0.0%
May	64.7%	100.0%	0.0%
June	64.9%	100.0%	0.0%
July	62.6%	100.0%	0.0%
August	63.8%	100.0%	0.0%
September	73.2%	100.0%	14.0%
October	[Behind]	--	--
November	[Behind]	--	--
December	[Behind]	--	--
Summer	0.0%	0.0%	100.0%
Winter	64.0%	100.0%	0.0%
Annual	38.3%	58.3%	42.8%

II.6 MANAJEMEN ENERGI

Manajemen energy merupakan alat yang dipergunakan untuk membantu mengatur penggunaan energy secara efektif dan efisien yang dalam tujuan jangka panjangnya adalah untuk memaksimalkan keuntungan dan untuk memenangkan posisi yang kompetitif. Oleh karena itu, segala aktifitas yang berkaitan dengan penggunaan energy dan keuntungan (biaya) adalah bagian dari manajemen energy. Salah satu indikasi akan penerapan manajemen energy yang berhasil adalah terjadinya peningkatan keuntungan/penurunan biaya.

Faktor-faktor yang turut menentukan keberhasilan penerapan manajemen energy adalah :

a. Manajemen komitmen

Keputusan yang diambil perusahaan untuk mengontrol biaya energy merupakan langkah vital dalam manajemen energy. Keputusan ini harus dapat

dimengerti oleh semua level karyawan yang ada dalam perusahaan tersebut agar mereka semua dapat turut berpartisipasi secara aktif. Dan untuk dapat berpartisipasi secara aktif ini diperlukan komitmen yang kuat diantara para karyawan.

b. Energy Manajemen Koordinator

Satu orang harus bertanggung jawab akan keberhasilan maupun kegagalan dari penerapan program manajemen energy. Koordinator ini memiliki wewenang penuh untuk mengatur agar program tersebut dapat berjalan. Dan koordinator ini

c. Pendanaan

Penerapan program manajemen energy kadangkala memerlukan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu keberhasilan program ini juga ditentukan oleh ketersediaan dana yang dapat menyokong langkah-langkah dalam manajemen energy.

d. Untuk dapat mensukseskan penerapan manajemen energy juga diperlukan adanya tujuan, misi, dan visi yang jelas agar setiap keputusan yang diambil dapat terarah dan terstruktur.

e. Hal-hal lain yang dapat membantu keberhasilan program seperti insenti bagi orang-orang yang berada di dalam perusahaan “*life cycle costing philosophies*” atau prinsip-prinsip dalam ekonomi teknik, memonitor system yang dijalankan, penerapan prinsip-prinsip pemeliharaan preventif.

BAB III

PENGUMPULAN DATA

III.1. GAMBARAN UMUM GEDUNG EKSPLOITASI 1



Gambar 3.1 Gedung eksploitasi 1

Sasaran audit energy di bangunan gedung adalah :

1. Sistem kelistrikan (trafo, panel, meter-meter ukur)
2. System tata udara (jenis, jumlah, spesifikasi, jam operasi, temperature)
3. System penerangan (jenis, jumlah, spesifikasi, jam nyala, tingkat penerangan (lux))
4. Sistem transportasi gedung (Lift) (jenis, jumlah, spesifikasi, jam operasi)
5. Peralatan lain (pompa air, alat laboratorium, computer & printer)

Data bangunan :

Umum

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Nama bangunan | : Gedung Eksploitasi 1 |
| 2. Tipe bangunan | : Kantor & Laboratorium |
| 3. Tahun konstruksi | : 1965 |
| 4. Jumlah lantai | : 5 lantai |
| 5. Jam kerja | : ± 40 jam |
| 6. Luas lantai <i>gross</i> | : ± 3159 m ² |

Penggunaan energi

- 7. Luas lantai ber-AC : ± 1709 m²
- 8. Daya listrik : ± 228 kVA
Trafo : ± 500 kVA
- 9. Golongan tariff : P2M
- 10. Pemakaian listrik setahun : ± 300,000 kWh
- 11. Pemakaian listrik bulan terakhir : ± 24,530 kWh

Desain

- 12. Lampu penerangan ;
Jenis lampu : TL = 7,640 watt
SL = 3,290 watt
Halogen = 100 watt
Total = 14,437 watt
- 13. Air Conditioning (AC) :
Kapasitas : 868,000 BTU/h
Performance : 11.17 BTU/h /Watt
Jenis/Type : Split & Cassete

Pengoperasian & Pemeliharaan

- 14. Lampu : Dioperasikan secara terus-menerus : 8 jam/hari,
10,953 watt
Dioperasikan jika diperlukan ; 3,520 watt
Prosentase : 75.6 % terus-menerus
- 15. AC : Dioperasikan secara terus-menerus : 10 unit (24 jam)
Dioperasikan jika diperlukan : 58 unit (8 jam)
Prosentase : 14 % terus-menerus
- 16. Pemeliharaan ;
Jadwal : Untuk AC = 3 kali/tahun
Untuk Lift = 2 kali/bulan

III.1.1. Sistem kelistrikan

Data-data system kelistrikan yang terdapat di gedung eksploitasi 1 adalah sebagai berikut :

Sumber Energi #1-Listrik PLN

Sistem tegangan = 20 kV/TM

Kapasitas Trafo = 500 kVA

Frekuensi Kerja = 50 Hz

Meteran = Ganda LWBP dan WBP

Golongan Tarif = P2M

Sumber Energi #2-Genset

Kapasitas nominal = 770 kVA

Tegangan nominal = 380/220 V

Frekuensi nominal = 50 Hz, 3 fasa



Gambar 3.2 Genset

FORM SURVEY KELISTRIKAN

No.	Hari	Jam	Arus (A)			Tegangan (V)			Daya				Faktor Daya (Cos ϕ)
			R	S	T	RN	SN	TN	kVA 1	kVA 2	kVA3	Total	
1	Rabu, 5 November 2008	07.30	48	44	37	225	225	225	10800	9900	8325	29,025	0.9
		09.00	115	95	102	225	225	225	25875	21375	22950	70,200	0.88
		10.30	110	83	99	230	230	230	25300	19090	22770	67,160	0.88
		12.00	145	91	107	230	230	230	33350	20930	24610	78,890	0.9
		13.30	115	102	123	230	230	230	26450	23460	28290	78,200	0.88
		15.00	76	70	74	225	225	225	17100	15750	16650	49,500	0.88
		16.30	52	55	47	230	230	230	11960	12650	10810	35,420	0.9
2	Kamis, 6 November 2008	07.30	54	51	62	225	225	225	12150	11475	13950	37,575	0.9
		09.00	100	82	90	225	225	225	22500	18450	20250	61,200	0.88
		10.30	147	105	132	225	225	225	33075	23625	29700	86,400	0.88
		12.00	177	146	164	230	230	230	40710	33580	37720	112,010	0.88
		13.30	165	164	170	230	230	230	37950	37720	39100	114,770	0.88
		15.00	82	80	86	230	230	230	18860	18400	19780	57,040	0.88
		16.30	66	65	72	230	230	230	15180	14950	16560	46,690	0.9
3	Jumat, 7 November 2008	07.30	55	54	64	225	225	225	12375	12150	14400	38,925	0.9
		09.00	79	72	112	230	230	230	18170	16560	25760	60,490	0.88
		10.30	153	99	146	230	230	230	35190	22770	33580	91,540	0.88
		12.00	184	126	189	230	230	230	42320	28980	43470	114,770	0.88
		13.30	176	153	168	225	225	225	39600	34425	37800	111,825	0.88
		15.00	124	111	135	225	225	225	27900	24975	30375	83,250	0.88
		16.30	87	73	95	225	225	225	19575	16425	21375	57,375	0.9

Tabel 3.1A Data survey kelistrikan

4	Sabtu, 8 November 2008	07.30	11	8	12	230	230	230	2530	1840	2760	7,130	0.9
		09.00	12	7	12	230	230	230	2760	1610	2760	7,130	0.88
		10.30	18	13	21	225	225	225	4050	2925	4725	11,700	0.88
		12.00	10	5	9	230	230	230	2300	1150	2070	5,520	0.88
		13.30	17	5	6	230	230	230	3910	1150	1380	6,440	0.88
		15.00	9	6	8	230	230	230	2070	1380	1840	5,290	0.88
		16.30	5	5	11	225	225	225	1125	1125	2475	4,725	0.9
5	Minggu, 9 November 2008	07.30	9	7	7	230	230	230	2070	1610	1610	5,290	0.9
		09.00	6	7	7	230	230	230	1380	1610	1610	4,600	0.88
		10.30	8	7	8	230	230	230	1840	1610	1840	5,290	0.88
		12.00	7	5	6	230	230	230	1610	1150	1380	4,140	0.88
		13.30	6	5	9	230	230	230	1380	1150	2070	4,600	0.88
		15.00	6	4	6	230	230	230	1380	920	1380	3,680	0.88
		16.30	5	5	7	230	230	230	1150	1150	1610	3,910	0.9
6	Senin, 10 November 2008	07.30	56	62	67	230	230	230	12880	14260	15410	42,550	0.9
		09.00	113	94	117	230	230	230	25990	21620	26910	74,520	0.88
		10.30	164	144	156	230	230	230	37720	33120	35880	106,720	0.88
		12.00	205	168	175	225	225	225	46125	37800	39375	123,300	0.88
		13.30	193	176	202	225	225	225	43425	39600	45450	128,475	0.88
		15.00	189	157	192	230	230	230	43470	36110	44160	123,740	0.88
		16.30	67	54	65	225	225	225	15075	12150	14625	41,850	0.9
7	Selasa, 11 November 2008	07.30	62	61	74	225	225	225	13950	13725	16650	44,325	0.9
		09.00	121	133	135	225	225	225	27225	29925	30375	87,525	0.88
		10.30	168	169	168	230	230	230	38640	38870	38640	116,150	0.88
		12.00	195	187	190	230	230	230	44850	43010	43700	131,560	0.88
		13.30	188	102	178	230	230	230	43240	23460	40940	107,640	0.88
		15.00	102	132	97	230	230	230	23460	30360	22310	76,130	0.88
		16.30	86	57	72	230	230	230	19780	13110	16560	49,450	0.9

Tabel 3.1B Data survey kelistrikan

III.1.2 Sistem Tata Udara

Berikut jumlah dan kapasitas AC di Gedung Eksploitasi 1

No	Lokasi	Ruangan	Jumlah (unit)	Kapasitas Pendinginan		Daya Listrik (kW)	LUAS (m ²)		
				Total (BTU/H)	Sensible (BTU/H)				
1	Lantai 1	LAB. XRD ½	2	19.000	15.200	2.4	23.08		
		R. STAFF 1	1	7.500	6.000	0.7	11.24		
		LOBBY	2	30.000	24.000	3.0	151.42		
		LAB. SCAL 2	2	19.000	15.200	2.4	53.11		
		LAB. ASAM	1	7.500	6.000	0.7	7.65		
		LAB. CBM	1	7.500	6.000	0.7	7.24		
		LAB. CBM 1	2	24.000	19.200	2.9	17.27		
		LAB. CBM 2	2	19.000	15.200	2.4	14.42		
		PALAB 2	1	7.500	6.000	0.7	12.33		
		STAFF CBM	2	7.500	6.000	0.7	28.70		
		PALAB 1	1	7.500	6.000	0.7	13.36		
		LAB. SEM	1	19.000	15.200	2.4	23.89		
			1	12.000	9.600	1.2	19.52		
		TOTAL			19			20.9	383.23
		2	Lantai 2	R. FILE	1	7.500	6.000	0.7	8.35
R. STAFF	2			25.000	20.000	3.0	73.85		
R. PJU ADM	1			12.000	9.600	1.2	23.38		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	24.07		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	21.07		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	20.68		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	20.01		
LAB. RESERVOIR	1			9.500	7.600	0.9	14.17		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	15.01		
R. STAFF	1			12.000	9.600	1.2	15.24		
PALAB 1	1			7.500	6.000	0.7	12.69		
PALAB 2	1			9.500	7.600	0.9	14.95		
PALAB 3	1			7.500	6.000	0.7	13.13		
KPRT EKSPLOITASI	2			12.000	9.600	1.2	43.85		
KAKEL RESERVOIR	1			12.000	9.600	1.2	20.80		
R. PERPUSTAKAAN	1			19.000	15.200	2.4	23.19		
TOTAL				18			20.1	367.44	
3	Lantai 3			MUSHOLLA	1	7.500	6.000	0.7	13.86
		R. STAFF 1	1	19.000	15.200	2.4	25.33		
		R. STAFF 2	1	19.000	15.200	2.4	26.45		
		R. PROJECT 3	1	19.000	15.200	2.4	28.86		
		R. STAFF 3	1	19.000	15.200	2.4	25.02		
		R. STAFF 4	1	12.000	9.600	1.2	21.64		

Tabel 3.2A Data inventarisasi AC

		R.STAFF 5	1	12.000	9.600	1.2	20.01
		R. STAFF 6	1	12.000	9.600	1.2	20.74
		R. ARSIP	1	9.500	7.600	0.9	14.17
		R. STAFF 7	1	12.000	9.600	1.2	20.01
		R. STAFF 8	1	12.000	9.600	1.2	21.65
		R. STAFF 9	1	12.000	9.600	1.2	21.14
		KAKEL EOR	1	19.000	15.200	2.4	23.03
		PALAB 1	1	7.500	6.000	0.7	12.93
		PALAB 2	1	9.500	7.600	0.9	14.51
		PALAB 3	1	7.500	6.000	0.7	12.31
		PJU MUTU	1	12.000	9.600	1.2	23.43
		PJU LK3	1	19.000	15.200	2.4	24.87
		PJU PEMTEK	1	12.000	9.600	1.2	24.63
		R.ARSIP	1	12.000	9.600	1.2	22.42
		R. PERPUSTAKAAN 2	1	19.000	15.200	2.4	23.19
		TOTAL	21			31.5	440.2
4	Lantai 4	R. MUSIK	1	12.000	9.600	1.2	24.06
		KORIDOR	1	40.000	28.000	4.3	116.32
			1	50.000	35.000	5.5	
		R. RAPAT 1	2	25.000	20.000	3.0	106.24
		R. RAPAT 2	2	40.000	28.000	4.0	152.40
		R. RAPAT 3	2	25.000	20.000	3.0	106.24
		OPERATOR	1	7.500	6.000	0.7	13.79
		TOTAL	10			21.7	519.05

Tabel 3.2B Data inventarisasi AC

Luas lantai ber-AC = 1709 m², jumlah total daya listrik AC = 94,2 kW

FORM SURVEY SUHU RUANGAN

No.	Lokasi	Nama Ruangan	Kapasitas AC	Jumlah	Jam Kerja		Suhu (°C)		EER*
					Mulai	Selesai	Max.	Min	
1	Lantai 1	LOBBY	30,000 BTU/H	2	08.00	17.00	24	23.6	10.19
		LAB. SCAL 2	19,000 BTU/H	2	08.00	17.00	21.6	20.3	9.5
		LAB XRD	19,000 BTU/H	2	08.00	17.00	21.9	21	9.5
		LAB SEM	19,000 BTU/H	1	08.00	17.00	21.8	20.9	9.5
			12,000 BTU/H	1					10.25
2	Lantai 2	R. STAFF 1	12,000 BTU/H	1	08.00	17.00	24.8	23.5	10.25
		R. PALAB 1	9500 BTU/H	1	08.00	17.00	24.3	22.8	11.31
3	Lantai 3	R. STAFF 1	12,000 BTU/H	1	08.00	17.00	24.4	23.1	10.25
		R. STAFF 2	19,000 BTU/H	1	08.00	17.00	25.1	24.3	9.5

*EER (Energy Efficiency Ratio) Tabel 3.3 Data survey suhu ruangan

III.1.3 Sistem Tata Cahaya

Berikut jenis dan jumlah lampu di Gedung Eksploitasi 1

No	Lokasi	Jenis Lampu	Type Armatur	Jumlah (unit)	Balast (Watt)	Daya Total (Watt)	Luas (m ²)		
1	Lantai 1	Fluorescent (TL)	1x36 w	16	8	704	943.85		
			2x36 w	25	10	2050			
			1x18 w	3	3.6	64.8			
			1x20 w	5	4	120			
		CFL	1x13 w	2	-	26			
			1x18 w	35	-	630			
			Halogen	50 w	2	-		100	
			TOTAL					3694.8	
		Lantai 2	Fluorescent (TL)	1x36 w	58	8		2552	757.91
				2x36 w	-	-		-	
1x18 w	4			3.6	86.4				
1x20 w	5			4	120				
CFL	1x13 w			-	-	-			
	1x18 w			38	-	684			
	TOTAL						3442.4		
Lantai 3	Fluorescent (TL)	1x36 w	51	8	2244	750.51			
		2x36 w	-	-	-				
		1x18 w	4	3.6	86.4				
		1x20 w	4	4	96				
		CFL	1x13 w	-	-		-		
			1x18 w	35	-		630		
			TOTAL					3056.4	
Lantai 4	Fluorescent (TL)	1x36 w	55	8	2420	648.53			
		2x36 w	-	-	-				
		1x18 w	2	3.6	43.2				
		1x20 w	4	4	96				
		CFL	1x13 w	-	-		-		
			1x18 w	75	-		1350		
			TOTAL					3909.2	
Lantai 5	Fluorescent (TL)	1x20 w	8	4	192	26.54			
		CFL	1x18 w	8	-		144		
		TOTAL					336		

Tabel 3.4 Data inventarisasi lampu

Luas lantai yang menggunakan cahaya lampu sama dengan luas seluruh gedung Eksploitasi 1 yaitu = 3,159 m² dan membutuhkan total daya listrik lampu sebesar 14,43 kW

FORM SURVEY PENCAHAYAAN LAMPU

No.	Lokasi	Nama Ruang	Jenis Lampu	Jumlah	Jam Kerja		Lux		W/m ²									
					Mulai	Selesai	Max.	Min										
1	Lantai 1	LAB. XRD ½	TL 2X36 W	4	↓	↓	327	220	12.48									
		R. STAFF 1	TL 1X36 W	4						202	22.6	5.02						
		LOBBY	CFL 1X18 W	10									98.7	30.1	1.85			
			HALOGEN	2														
		LAB. SCAL 2	TL 2X36 W	3									359	16.6	4.07			
		LAB. CBM	TL 2X36 W	3									144.6	34.3	6.82			
		LAB. SEM	TL 2X36 W	4									400	290	12.05			
2	Lantai 2	KORIDOR	CFL 1X18 W	9	↑	↑	131	99	2.25									
		SEKRT. KPRT	TL 1X36 W	6						185.1	43	2.92						
		PALAB 1	TL 1X36 W	2									08.00	17.00	226	95	4.82	
		R. PJU ADMIN	CFL 1X18 W	5									234	105	3.85			
		R. STAFF	TL 1X36 W	3												241	131	5.22
		3	Lantai 3	KORIDOR														
MUSHOLLA	TL 1X36 W			2	135	33	5.19											
4	Lantai 4	LOBBY LIFT	TL 1X36 W	2	146	123	2.88											
			TL 1X36 W	3				165	105	5.12								
5	Lantai 5	LOBBY LIFT	CFL 1X18 W	8	237	174	11.17											
			TL 1X20 W	8				248	144	11.45								

Tabel 3.5 Data survey pencahayaan lampu

III.1.4 Sistem Transportasi (LIFT)

Jumlah lift = 2 unit

Merk = Mitsubishi

Kapasitas = 15 orang/1000 kg

Kecepatan = 60 m/menit

Stop = 1-5/5 stop

Daya motor = 21.7 kVA (17.36 kW)

Tegangan = 380 V/3 Phase

Frekuensi = 50 Hz

III.1.5 Peralatan Lainnya (motor pompa , computer/printer/fax, alat laboratorium)

III.1.5.1 Motor

Motor digunakan untuk mensuplai air bersih, proteksi kebakaran (sprinkler), dan Hydrant. Di bawah ini pembagian motor dan spesifikasinya.

1. Motor air bersih → Main = 2 buah 7,5 HP/5,5 kW
2. Motor Hydrant → Main pump = 50 HP/37 kW
→ Jockey pump = 7,5 HP/5,5 kW
3. Motor Sprinkler → Main pump = 40 HP/30 kW
→ Jockey pump = 7,5 HP/5,5 kW

III.1.5.2 Alat laboratorium

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi Alat
1	XRD 1	- Daya : 8,5 kVA - Frekuensi : 50 Hz - Volt : 230 V	Melihat komposisi minyak dengan bantuan x-ray
2	XRD 2	- Daya : 7.250 VA - Frekuensi : 50 Hz - Volt : 220 VA	Melihat komposisi minyak dengan bantuan x-ray
3	Water Cooler 1	- Arus : 15,4 A - Volt : 220 Volt - Tegangan : 3 phase	Mendinginkan air untuk suplai ke alat laboratorium
4	Water Cooler 2	- Daya : 1.700 Watt - Tegangan : 3 phase - Volt : 220 V	Mendinginkan air untuk suplai ke alat laboratorium
5	RPS 700 (Relative Permeability System)	- Daya : 12.5 kVA - Tegangan : 220 V - Frekuensi : 50 Hz	Alat uji penyerapan air
6	JEOL JSM 6390 OLA	- Daya : 3 kVA - Volt : 110 V - Arus : 30 A - Frekuensi : 50 Hz	Mikroskop elektronik

Tabel 3.6 Data inventarisasi alat laboratorium

III.1.5.3 Komputer/printer/fax

No.	Komputer/Printer/Fax	Jumlah	Daya listrik
1.	- Computer - Printer - Fax	50 buah 45 buah 7 buah	19 kWatt

Tabel 3.7 Data inventarisasi komputer/printer/fax

III.2 ALAT-ALAT PENGUKURAN

Dalam melakukan audit dibutuhkan alat kerja yang mendukung kegiatan tim. Alat-alat kerja ini merupakan bagian yang harus dilengkapi oleh tim audit energy. Tanpa alat kerja ini kegiatan audit energy tidak dapat berjalan dengan baik. Berikut beberapa contoh alat kerja yang digunakan, antara lain :

III.2.1 Tang ampere



Tang ampere salah satu jenis dari amperemeter yang digunakan untuk mengukur arus listrik. Penggunaan alat ini adalah dengan cara menjepit satu buah kabel phase.

III.2.2 Flux Meter



Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya (lumen) yang keluar dari sumber cahaya (lux). Penggunaan alat ini seringkali berubah-ubah nilainya dalam suatu pengukuran. Lebih baik jika pengukuran dilakukan beberapa kali dan kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan hasil yang mewakili.

III.2.2 Thermometer digital



Digunakan untuk mengukur suhu. Sama seperti flux meter, jika digunakan untuk mengukur suhu ruang, lebih baik tidak mengukur pada satu titik saja melainkan beberapa titik sehingga terwakili.

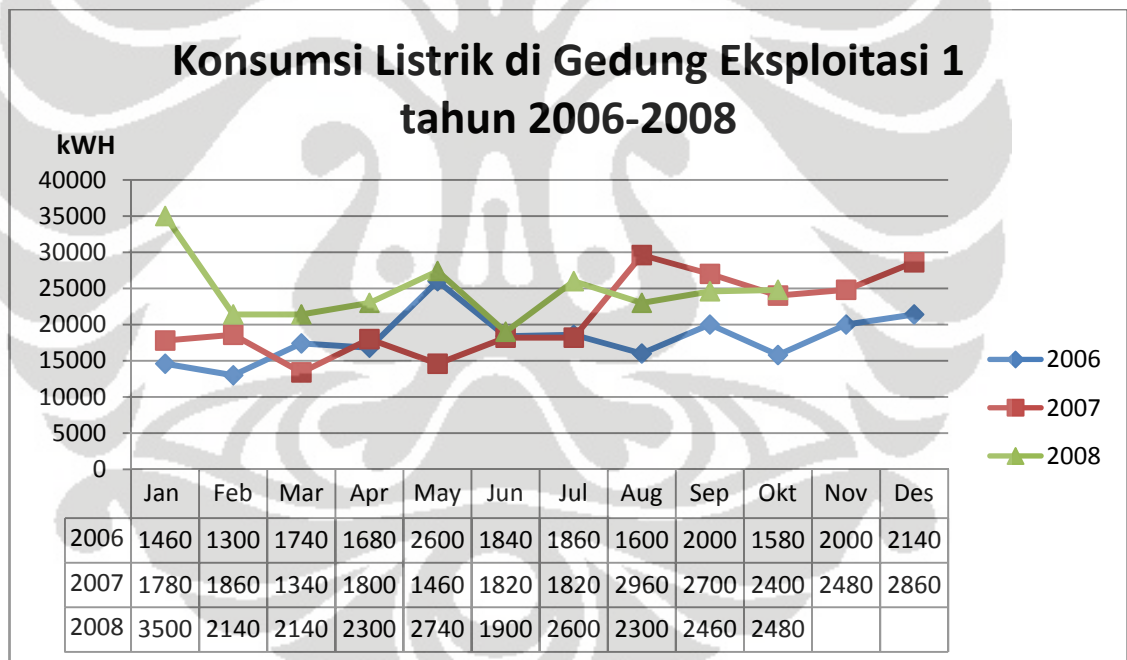
BAB. IV

ANALISA DATA

IV.1. SISTEM KELISRIKAN

IV.1.1. Konsumsi listrik tahun 2006~2008 di gedung eksploitasi 1

Pada tahun 2006 konsumsi listrik dimulai pada kisaran 15,000 kWh bulan Januari meningkat jadi berkisar 20,000 kWh pada Desember 2008. Untuk tahun 2007 dari 17,000 kWh naik menjadi 30,000 kWh di akhir bulan. Demikian juga pada tahun 2008. Ini menunjukkan kecenderungan naik (*up-trend*) seiring meningkatnya kebutuhan konsumen listrik. Bulan Januari 2008 terdapat fenomena konsumsi listrik yang tinggi disebabkan oleh kegiatan renovasi di Gedung Eksploitasi 1 dan setelahnya konsumsi kembali normal. Di gedung Eksploitasi



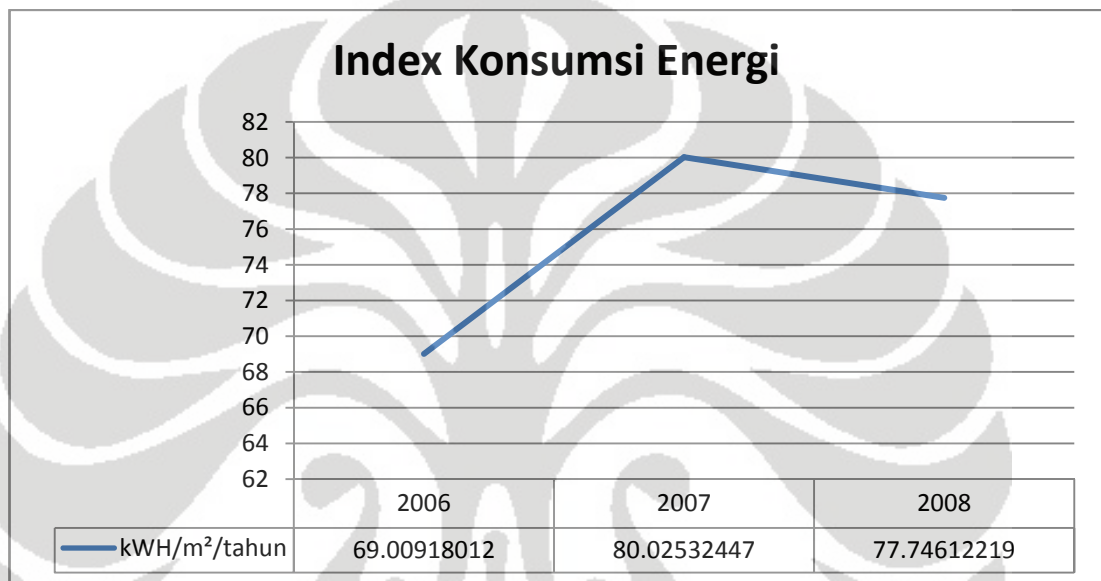
Grafik 4.1 Konsumsi Listrik di Gedung Eksploitasi 1

IV.1.2. Index konsumsi energi

Index konsumsi energy menyatakan kebutuhan energy tiap satu meter persegi selama periode satu tahun. Mulai tahun 2006 hingga 2007 meningkat dan pada tahun 2008 terlihat kecenderungan meningkat (belum semua data). Beberapa

faktor yang mempengaruhi kenaikan konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 adalah :

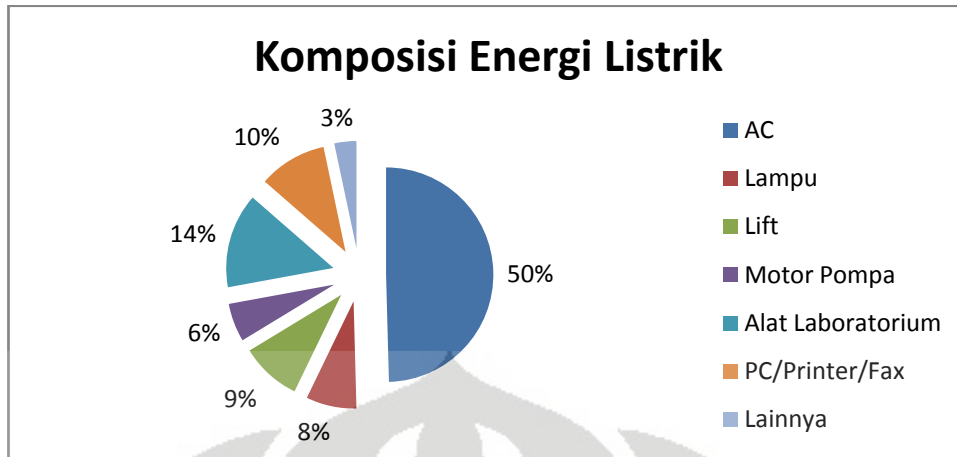
1. Penambahan kebutuhan AC
2. Pemakaian alat-alat Laboratorium baru
3. Penambahan ruang Laboratorium yang dikondisikan AC selama 24 jam
4. Penambahan kebutuhan Lampu seiring ruangan yang dipakai.



Grafik 4.2 Index Konsumsi Energi

IV.1.3. Komposisi energy gedung eksploitasi 1

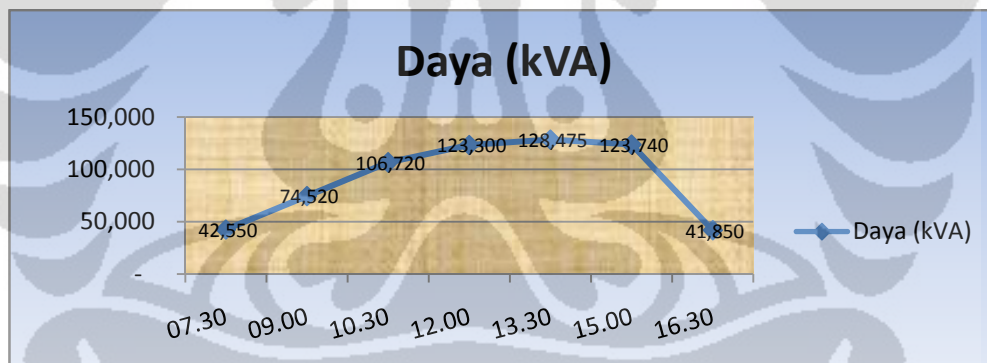
Dari grafik 4.3 terbaca bahwa, listrik yang dibutuhkan untuk AC paling besar yaitu 50 %, mengingat luasan yang membebani AC sebesar 54% Gedung Eksploitasi 1 (1709 m²). Untuk lampu besarnya 8% energy listrik yang dibutuhkan. Dua system ini begitu besar pengaruhnya dalam kegiatan audit energy. Dengan melakukan audit energy pada system pencahayaan dan penerangan berarti terdapat potensi penghematan yang cukup besar. Yang terbesar lainnya adalah konsumsi untuk alat laboratorium sebesar 14%. Untuk pemakaiannya digunakan apabila diperlukan saja dan ini sedikit sekali peluang penghematannya. Dan yang paling kecil 3% adalah lain-lain terdiri dari TV, dispenser, kompor, exhaust fan, alat-alat band.



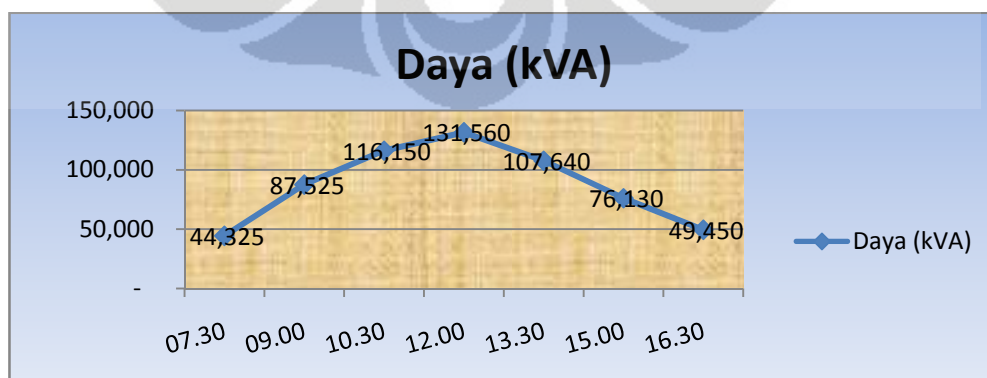
Grafik 4.3 Komposisi Energi Listrik

IV.1.4. Daya hasil pengukuran

Dari hasil pengukuran arus listrik (Amphere) beban yang terpakai pada jam kerja 07.30 wib-16.30 wib dapat dilihat bahwa beban maksimal yang terpakai adalah 128,475 kVA pada hari senin 10 November 2008 jam 13.30 wib *grafik 4.4*. *Grafik 4.5* menunjukkan beban hari kerja selasa, 11 November 2008 mencapai puncaknya pada jam 12.00 wib sebesar 131.560 kVA.

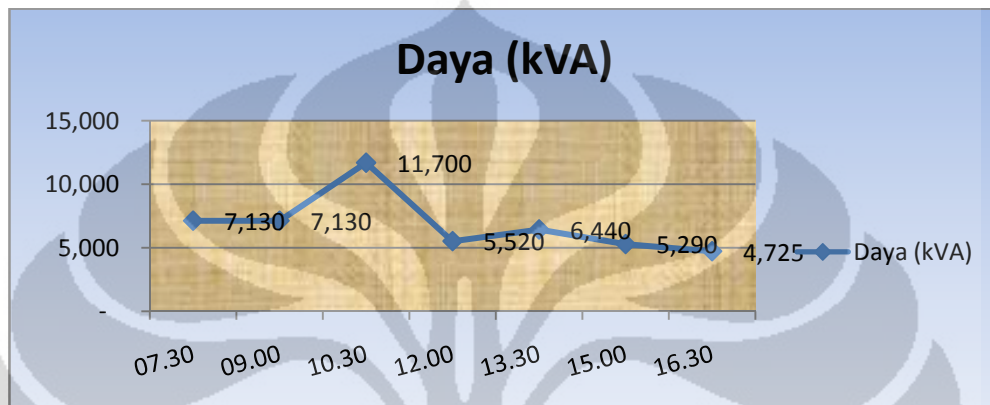


Grafik 4.4 Daya pengukuran 10 November 2008

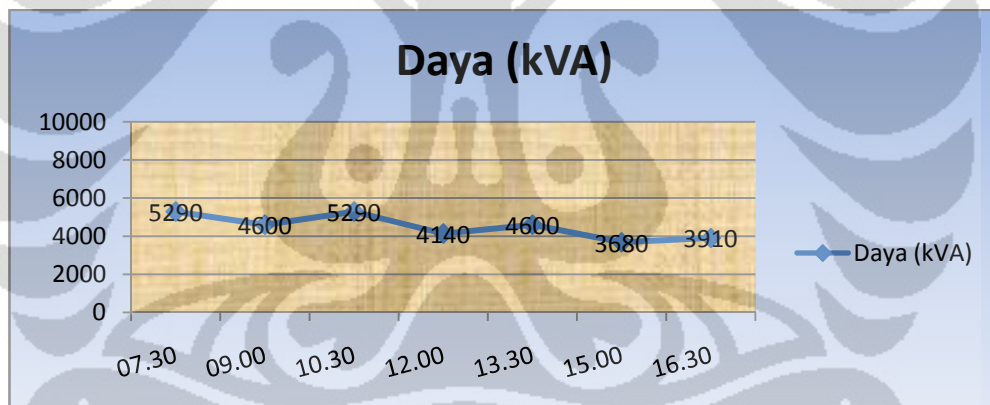


Grafik 4.5 Daya pengukuran 11 November 2008

Untuk beban bukan hari kerja, Sabtu dan Minggu, 8-9 November 2008 maksimal mencapai 11,7 kVA dan 5,29 kVA pada pukul 10.30 wib. Beban tertinggi terjadi di hari sabtu karena aktifitas karyawan yang bekerja dan beban lainnya disumbang oleh ruangan ber-AC untuk pendinginan alat-alat laboratorium, penerangan beberapa lampu luar dan taman. Seperti pada *grafik 4.6-4.7* di bawah ini.



Grafik 4.6 Daya pengukuran 8 November 2008

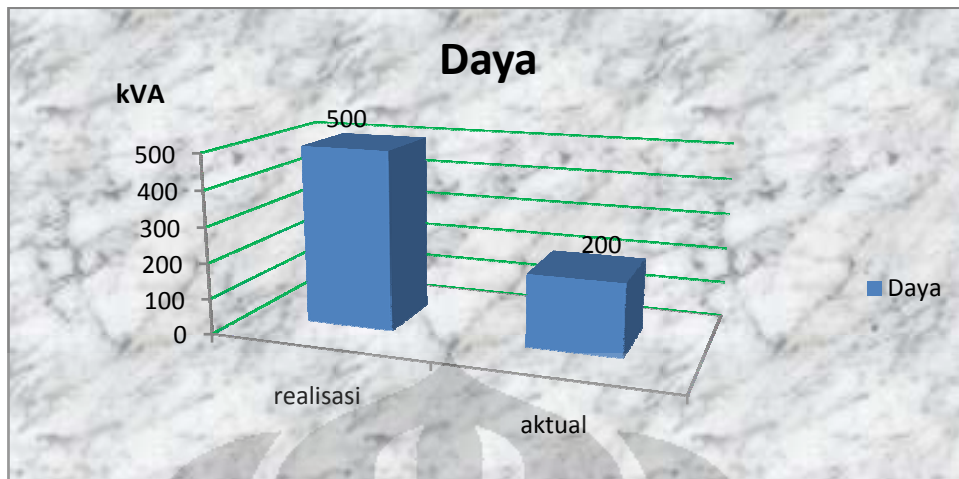


Grafik 4.7 Daya pengukuran 9 November 2008

IV.1.5. Rekomendasi penghematan pada system kelistrikan

Dari pengukuran yang dilakukan beban aktual pada hari kerja tidak melebihi 200 kVA. Sedangkan beban pada hari libur tidak lebih dari 20 kVA. Sehingga terdapat kelebihan kapasitas (*over capacity*) sebesar 300 kVA dibanding daya realisasinya yang 500 kVA pada grafik 4.8.

Perhitungan biaya beban = jumlah beban x biaya beban



Grafik 4.8 Daya realisasi vs aktual

Dengan memotong daya realisasi sebesar 300 kVA akan didapat penghematan biaya beban rekening listrik sebesar $300 \times \text{Rp. } 23.800,- = \text{Rp. } 7.140.000,-/\text{bulan}$.¹ Adapun biaya yang dikeluarkan untuk menurunkan kapasitas trafo 500 kVA menjadi 200 kVA dibutuhkan biaya kurang lebih Rp. 40.000.000,- (empat puluh juta rupiah).

$$\begin{aligned} \text{Payback periode} &= \frac{\text{biaya yang dikelarkan}}{\text{Penurunan biaya setelah perbaikan}} \\ &= \frac{\text{Rp. } 40.000.000,-}{\text{Rp. } 7.140.000,-} = 5,6 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan payback period diatas menunjukkan angka 5,6 yang berarti biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 40.000.000,- akan kembali setelah pembayaran listrik bulan ke-6. Jika dilihat itu maka dalam jangka waktu 6 bulan pihak Lemigas akan mendapatkan keuntungan dari *margin* biaya listrik sebelum dan sesudah retrofit.

IV.2. SISTEM TATA UDARA

IV.2.1 Analisa tata udara di gedung eksploitasi 1

Hampir di semua ruang Gedung Eksploitasi 1 dilengkapi dengan pendingin ruangan (AC), baik untuk ruang kantor maupun ruangan laboratorium

¹ Biaya beban Gol. Tarif P2M, Rp. 23.800,-/kVA

dengan jumlah keseluruhan adalah sekitar 68 unit dan total konsumsi listriknya 94.2 kWatt. Dengan konsumsi energy listrik sebanyak 94.2 kWatt dapat dibayangkan berapa besar biaya yang dikeluarkan oleh Lemigas setiap bulannya untuk membayar listrik dari AC saja. Disamping itu konsumsi energy listrik terbesar di Gedung Eksploitasi 1 ini adalah dari AC. Oleh karena itu diperlukan suatu cara untuk menghemat konsumsi energy dari unit AC karena bukan tidak mungkin di masa yang akan datang jumlah AC ini akan bertambah dengan pesat.

Pemasangan AC di gedung eksploitasi 1 menggunakan type AC split dengan daya 1 PK; 1,5 PK; 2 PK; 2,5 PK; 3 PK; dan 4 PK. Besarnya daya AC disesuaikan dengan luas ruangan dan beban pendinginan yang dibutuhkan. Sebagai contoh ruang musholla di lantai tiga dengan luas 13,6 m² menggunakan AC dengan daya 1 PK. Sedangkan lobby utama gedung eksploitasi 1 menggunakan 2 unit AC masing-masing mempunyai daya 4 PK.

Kesadaran pemakai ruang untuk menghemat listrik sudah terlihat dengan cara mematikan unit AC yang tidak terpakai jika dirasa suhu ruangan nyaman. Suhu ruang yang nyaman berkisar antara 25°C±1°C dengan kelembaban relatif 60%±10%², dengan catatan jika tidak ada standar yang dipakai atau secara umum.

Dari hasil pengukuran temperature di ruangan minimal suhu ruangan di set dengan suhu 20.3°C dan maksimalnya 25.1°C atau rata-rata 22.95°C. Sesuai dengan SNI 03-6390-2000 konservasi energy system tata udara pada bangunan gedung.

IV.2.2. Rekomendasi penghematan AC

Setelah membaca dari beberapa buku literature, salah satu cara penghematan konsumsi energy dari unit AC yang cukup efektif dan sederhana adalah dengan mengganti refrigerant yang digunakan saat ini (R 22) dengan hidrokarbon yang menurut para ahli dapat menurunkan konsumsi energy listrik sekitar 10% sampai 20%³. Hidrokarbon yang saat ini dikembangkan untuk mengganti R-12 (CFC), R-22 (HCFC) dan R-134a (HFC) adalah R-290 (propane),

² SNI 03-6390-2000 konservasi energy system tata udara pada bangunan gedung

³ Seminar ilmiah terbatas Departemen Teknik Mesin, UI, Oktober 2004, ISBN 979-97726-4-8

R-600a (isobutana) dan R-600 (butane) atau campuran ketiganya. Refrijeran hidrokarbon ini memiliki sifat-sifat fisik yang sesuai untuk menggantikan refrijeran terdahulunya sehingga cocok untuk proses *drop-in* (penggantian refrijeran secara langsung tanpa harus merubah komponen dari sistem pendingin yang akan disubstitusi) pada mesin pendingin yang sudah ada.

IV.2.3. Perhitungan biaya pemakaian listrik

Perhitungan biaya listrik yang dipakai di Indonesia adalah berdasarkan nilai *kilo-Watt hour* (kWh) yang terpakai. Dengan mengasumsikan waktu kerja satu unit AC adalah 10 jam/hari dan pemakaian dalam satu bulan adalah selama 25 hari, maka perhitungan biaya listrik dari unit AC selama satu bulan baik menggunakan refrijeran R-22 maupun refrijeran hidrokarbon dapat dilakukan dengan rumus :

Biaya listrik/bulan = (total konsumsi listrik dalam kW) x (Jam kerja unit AC selama sebulan) x (tarif dasar listrik)

Jenis	Daya (kW)	(jam /hari)	(hari /bulan)	TDL	Biaya Listrik
Split 1 PK	10.304	10	25	Rp. 403.65	Rp. 1,039,802
Split 1.5 PK	4.400	10	25	Rp. 403.65	Rp. 444,015
Split 2 PK	29.520	10	25	Rp. 403.65	Rp. 2,978,937
Split 2.5 PK	27.600	10	25	Rp. 403.65	Rp. 2,785,185
Split 3 PK	22.080	10	25	Rp. 403.65	Rp. 2,228,148
Split 4 PK	5,888	10	25	Rp. 403.65	Rp. 594,172
Total (A)					Rp. 10,070,259

Tabel 4.1 Biaya listrik bulanan unit AC Split 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, 2,5 PK, 3 PK, dan 4 PK sebelum retrofit

Jenis	Konsumsi listrik unit AC dengan R-22 (kW)	Penghematan	Konsumsi listrik unit AC dengan Hidrokarbon (kW)
Split 1 PK	10.304	18.8%	8.374

Split 1.5 PK	4.400	14.1%	3.78
Split 2 PK	29.520	24.4%	22.32
Split 2.5 PK	27.600	16.9%	22.94
Split 3 PK	22.080	29 %	15.67
Split 4 PK	5.888	29 %	4.18
	99.792		77.264

Sumber : diolah dari berbagai sumber

Tabel 4.2 Estimasi konsumsi listrik unit AC split 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, 2,5 PK, 3 PK, dan 4 PK setelah retrofit

Jenis	Daya (kW)	(jam /hari)	(hari /bulan)	TDL	Biaya Listrik
Split 1 PK	8.374	10	25	Rp. 403.65	Rp. 845,041
Split 1.5 PK	3.78	10	25	Rp. 403.65	Rp. 381,449
Split 2 PK	22.32	10	25	Rp. 403.65	Rp. 2,252,367
Split 2.5 PK	22.94	10	25	Rp. 403.65	Rp. 2,314,932
Split 3 PK	15.67	10	25	Rp. 403.65	Rp. 1,581,298
Split 4 PK	4.18	10	25	Rp. 403.65	Rp. 421,814
Total (B)					Rp. 7,796,901

Tabel 4.3 Estimasi biaya listrik dari unit AC split 1 PK, 1,5 PK, 2 PK, 2,5 PK, 3 PK, dan 4 PK setelah retrofit

Setelah melakukan perhitungan biaya listrik untuk unit AC split dengan menggunakan refrijeran hidrokarbon selama satu bulan, didapatkan nilai pembayaran listrik adalah Rp. 8,192,478,- yang berarti lebih hemat dibandingkan dengan unit AC split yang menggunakan R-22 dengan penurunan biaya listrik bulanan sebesar ;

$$\text{Penurunan Biaya} = (\text{total(A) pada tabel 4.1}) - (\text{total(B) pada tabel 4.3})$$

$$= \text{Rp. } 10,070,259 - \text{Rp. } 7,796,901$$

$$\text{Penurunan Biaya} = \text{Rp. } 2,273,357, -$$

IV.3. SISTEM TATA CAHAYA

Lampu merupakan potensi penghematan energi mungkin paling utama yang paling mudah dan murah. Energi pencahayaan dapat menjadi terbuang percuma dalam beberapa cara yaitu sumber cahaya yang tidak efisien (terjadi karena lampu atau armatur yang tidak efisien mengubah listrik menjadi cahaya), menggunakan watt listrik lebih dari kebutuhan untuk mendapatkan keluaran lumen sinar, losses pada transmisi (terjadi karena ada kotoran atau halangan sinar atau sumber cahaya terlalu jauh dari apa yang hendak disinari, kelebihan cahaya (terjadi jika cahaya digunakan tanpa guna atau ada cahaya cuma-cuma tidak digunakan/sinar matahari).

Untuk menghemat uang ada 3 cara mudah :

- matikan lampu jika tidak digunakan
- kurangi level sinar jika terjadi kelebihan dari yang diperlukan
- pasang lampu yang lebih efisien atau alat kontrol

Untuk sektor komersial dan industri, perbaikan efisiensi lampu merupakan strategi penghematan energi yang mudah. Lampu biasanya mengkonsumsi 15 – 40 % dari konsumsi energi tahunan. Selain penghematan dari sisi lampu tersebut juga akan menghemat biaya pendingin udara, penghematan beban listrik dengan mengurangi beban puncak, meningkatkan produktivitas dan kenyamanan, meningkatkan penjualan dikarenakan lampu dapat menarik perhatian,

IV.3.1. Analisa pencahayaan di gedung eksploitasi 1

Didapat data bahwa di gedung eksploitasi 1 menggunakan jenis lampu TL (fluorescent), CFL (compact fluorescent), dan Halogen. Peruntukan lampu CFL banyak digunakan di ruang Lobby serta koridor lantai menggunakan rumah lampu (luminer) yang cekung ke bawah yang menghasilkan pantulan cahaya tidak terlalu menyebar sehingga focus pada daerah luasan yang sedikit. Warna cahaya lampu (CCT) di koridor dan lobby putih kekuning-kuningan masuk dalam kategori <3300 K, dan CRI (Color Rendering Index) berkisar antara Ra 40~60%.

Sedangkan di ruang kerja maupun laboratorium menggunakan lampu TL yang membedakan hanya jumlah lampu yang dipasang pada rumah lampu (armature).

Untuk ruang kerja menggunakan lampu TL 1x36 watt dan laboratorium menggunakan lampu TL 2x36 watt. Ini sangat penting karena laboratorium membutuhkan pencahayaan yang lebih terang dengan tingkat CRI berkisar antara Ra 80~100% dan warna cahaya lampu (CCT) minimal berkategori 2 (3300 K~5300 K).

Dari hasil pengukuran Lux dapat dibandingkan dengan SNI pencahayaan pada ruang lobby, koridor maksimal 100 lux. Untuk ruang kerja berkisar 200~350 lux dan laboratorium 300~500 lux. Semua standar ini dapat dipenuhi untuk pencahayaan di gedung eksploitasi 1. Dalam setiap pengukuran terdapat nilai maksimum dan minimum, jika maksimum pengukuran tepat dibawah sumber cahaya atau lampu sedangkan minimum didapat pada pengukuran yang jauh dari sumber cahaya atau lampu biasanya di pinggir ruang atau pantulan cahaya yang terhalang benda. Namun rata-rata benda kerja diletakkan dibawah sumber cahaya (dalam lux yang maksimum).

Gedung Eksploitasi 1 menggunakan pencahayaan buatan di seluruh ruang dan tidak mengandalkan pencahayaan alami sama sekali. Jadi kebutuhan pencahayaan sepenuhnya di suplai oleh cahaya lampu. Cahaya alami (sinar matahari) tidak dapat masuk ke dalam gedung karena terhalang selubung bangunan. Selubung bangunannya banyak dipakai kaca film yang menutupi keliling bangunan gedung eksploitasi 1.

Pencahayaan maksimum yang sesuai dengan SNI adalah 15 watt/m² di ruang kantor. Hampir semua ruangan telah memnuhi standar tersebut, namun ada beberapa ruang yang kurang dari 10 watt/m² karena lampu tidak dinyalakan semua dan ini sudah dirasa nyaman oleh pengguna.

IV.3.2. Rekomendasi pencahayaan di gedung eksploitasi 1

Terdapat beberapa peluang konservasi energy listrik pada system pencahayaan yaitu :

- Penggantian ballast magnetic dengan ballast elektronik.

Balas ini menggunakan sirkuit elektronik untuk mengatur tegangan dan arus pada lampu seperti pada halnya balas magnetik tapi balas elektronik memasok arus pada lampu dengan frekuensi jauh lebih tinggi yaitu 20 - 50 kilohertz (balas magnetik hanya 60 Hertz). Semakin tinggi frekuensi akan meningkatkan efikasi lampu.

Kelebihan :

- Beroperasi pada efisiensi tinggi dan lebih dingin sehingga mengurangi beban pendinginan sistem yang pada akhirnya akan menghemat energy
- Akan menghemat uang dan energy. Ballast mengkonsumsi kurang lebih 20% dari total system pencahayaan
- Ballast elektronik dapat mengontrol empat lampu sekaligus
- Ringan, tidak lebih dari 12 pound
- Power faktor yang tinggi

Kekurangan :

- Menimbulkan distorsi harmonic, karena frekuensi yang tinggi yang dapat merusak peralatan listrik yang lain seperti, komputer dan telepon. Balast elektronik yang baik distorsi harmoniknya kurang dari 10%
- Perawatan dan pemeliharaan
 - Lampu-lampu yang terdapat di gedung eksploitasi 1 pada umumnya sudah sesuai dengan peruntukannya. Namun, tidak adanya perawatan dan pemeliharaan lampu mengakibatkan daya listrik yang terbuang karena terpakai lampu yang sudah lewat umur efisiensinya (80%). Lebih baik mengganti lampu sebelum masa pakainya habis.
 - Pembersihan berkala untuk rumah lampu (armature) dan lampu dengan di lap. Tindakan ini akan mengembalikan lumen lampu ke standarnya sehingga dapat menjadi terang kembali.
- Memilih lampu fluorescent yang efisien
 Saat ini telah beredar beberapa lampu fluorescent yang mempunyai efisiensi lebih tinggi daripada lampu fluorescent standar. Contoh lampu

standar 40-watt F40 dapat diganti dengan lampu 34-watt F40 dengan lumen yang sama, ini dapat berarti menghemat 15% energy.

- Remodeling dan konstruksi baru

Remodeling dan konstruksi baru adalah hal yang sangat berbeda. Pada remodeling sistem dasar pencahayaan masih pada tempatnya. Modifikasi yang dilakukan misalnya meliputi rewiring untuk kontrol lebih baik, penggantian lampu dan relokasi lumener untuk mendapatkan pencahayaan yang lebih baik, menghilangkan silau, bayangan dan level pencahayaan yang tidak perlu.

- Perawatan dan perbaikan tanpa biaya

- Matikan lampu jika tidak diperlukan. Untuk mengingatkan adalah dengan menempel stiker dekat saklar lampu. Tetapi juga perlu diingat untuk tidak sering menghidup matikan lampu fluorecent karena umurnya tergantung pada seringnya hidup dan mati. Juga untuk lampu yang membutuhkan waktu untuk menjadi terang seperti lampu mercury dan metal halide.

- Memindahkan lampu

Memindahkan lampu yang tidak digunakan dimana level pencahayaan berlebihan.

- Periksa Automatic Control

Jika menggunakan control otomatis (missal time clock), maka perlu diperiksa apakah bekerja dengan baik dan akurat. Selain itu perlu diperhatikan adanya waktu dimana setting kondisi lampu hidup keadaan masih/sudah terang oleh matahari. Perbedaan satu atau dua jam sangat berpengaruh terhadap biaya energi.



Gambar 4.1 Contoh kontrol otomatis

- Mengubah posisi kerja

Salah satu problem pencahayaan yang seragam adalah terkadang menyediakan cahaya lebih dari yang diperlukan. Untuk itu perlu

dilakukan perubahan posisi kerja sesuai dengan kebutuhan (dibuat kelompok-kelompok) sehingga mendapatkan pencahayaan yang optimal.



Gambar 4.2 Contoh mengubah posisi kerja

Contoh mengganti Balast Elektronik

Electronic Ballasts	Standard Magnetic	Energy Efficient Magnetic	Electronic
F40T12	96	88	72
F40T12 ES	82	72	62
FB40T12	96	88	72
FB40T12 ES	82	72	62
F32T8	na	70	58
F32T8	na	na	109
FB31T8	na	69	58
F96T12	175	158	134
F96T12 ES	138	123	105
F96T12 HO	257	237	194
F96T12 HO ES	219	199	160
F96T12 VHO	440	na	na
F96T12 VHO ES	375	na	na

Sumber : Pusdiklat EKTL, dept. ESDM

Tabel 4.4 kebutuhan daya lampu dengan balast

BAB. V

KESIMPULAN

1. Konsumsi listrik di Gedung Eksploitasi 1 menunjukkan trend meningkat. Ini disebabkan karena penambahan alat-alat yang mengkonsumsi listrik tiap tahunnya yaitu, AC, alat laboratoriu. komputer. Disarankan agar dalam setiap pembelian alat-alat baru memperhatikan konsumsi daya yang hemat energy.
2. Pada system kelistrikan terdapat daya berlebih yang cukup tinggi sebesar 300 kVA. Daya tersebut akan tetap dikenakan biaya beban listrik tiap bulannya. Sehingga akan menghemat jika daya tersebut dikurangi. Potensi penghematannya sebesar Rp. 7.140.000,- per bulan.
3. Pendinginan ruang di Gedung Eksploitasi 1 sudah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia tentang system tata udara SNI 03-6390-2000 yang menyatakan kisaran suhu adalah sebesar $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ kelembaban $60\%\pm 10\%$. Ada peluang penghematan dengan mengganti refrijeran R22 dengan Hidrokarbon.
4. Sistem pencahayaan mengkonsumsi 10% total konsumsi energi pada gedung eksploitasi 1. Prosentase ini cukup besar pengaruhnya jika dilakukan penghematan. Selain itu penerapan penghematan energi pada sistem pencahayaan relatif lebih mudah dan cepat untuk dilakukan. Untuk melakukan penghematan energi sistem pencahayaan gedung yang paling mudah adalah pemeliharaan/perawatan sistem pencahayaan meliputi tiga langkah yaitu :
 - Pembersihan lampu dan luminer secara periodic
 - Penggantian secara kelompok/spot sesuai dengan umur lampu
 - Secara periodic mengecat atau membersihkan dinding dan lantai serta atap untuk mempertahankan refleksi cahaya secara optimal

DAFTAR REFERENSI

1. Capehart, Barney L., Kennedy, William J., Turner, Wayne C.. (2005). *Guide to Energy Management*. UK. The Fairmont Press, Inc.
2. Pusdiklat Energi Kelistrikan dan Energi Terbarukan. (2008). *Kiat-kiat Konservasi Energi bagi Pelaksana*. Jakarta.
3. Rusdy M., Gatot Eka P., Ardian, Gerry. (Oktober 2004). *Retrofit R22 Menjadi Hidrokarbon*. Departemen Teknik Mesin, UI. ISBN 979-97726-4-8
4. *SNI Sistem Pencahayaan 03-6197-2000*. (2000). Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
5. *SNI Sistem Tata Udara 03-6390-2000*. (2000). Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
6. Soriano, Manuel L.. (July 1991). *Energy Conservation at The Company Level*. Proceeding AEEMTRC 6th seminar-workshop. Singapore.
7. *Universitas Indonesia*. (2008). *Pengantar Penulisan Ilmiah*.
8. Verdote, Annabele G.. (June 1994). *Energy in Building*. Proceeding AEEMTRC 12th seminar-workshop. Singapore.

No.	Nama bahan bangunan	Densitas Kg/m ³	Nilai k W/m.K
1	Asbes semen, lembaran	1.488	0,317
2	Papan isolasi asbes	720	0,108
3	Atap aspal lapis mineral	2.240	1,226
4	Bitumen		1,298
5	Bata		
	a Bata yang dilapisi plaster atau lapisan lainnya.	1.760	0,807
	b Bata bisa langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca luar langsung		1,154
6	Beton	2.400	1,448
		64	0,144
7	Beton ringan	960	0,303
		1.120	0,346
		1.280	0,476
8	Papan lunak, soft board.	144	0,042
9	Papan serat, fibre board.	264	0,052
10	Serabut gelas, fibreglass.	32	0,035
11	Kaca, lembaran	2.512	1,053
12	Glass wool	32	0,035
13	Papan gibs/gypsum plaster board.	880	0,170
14	Hard board,		
	a standar	1.024	0,216
	b medium	640	0,123
15	Metal		
	a paduan aluminium	2.672	211
	b tembaga	8.784	385
	c baja	7.840	47,6
16	Mineral wool, felt	32 ~ 104	0,035~0,032
17	Plesteran :		
	a Gypsum	1.216	0,370
	b Parlit	616	0,115
	c Pasir/semen	1.568	0,533
	d Vermikulit	640 ~ 960	0,202~0,303
18	Polysterene, expanded	16	0,035
19	Polyurethane, foam.	24	0,024
20	PVC flooring.	1.360	0,713
21	Batu, lantai :		
	a Batu, tanah	2.000	1,298
	b Granit	2.640	2,927
	c Marmer/terazo/keramik/mazaik	2.640	1,298
22	Tanah, padat & cetakan.	1.210	0,375
23	Lantai, atap	1.890	0,836
24	Kayu :		
	a Kayu lunak	608	0,125
	b Kayu keras	702	0,138
	c Kayu lapis	528	0,148
25	Vermikulit	80~112	0,065
26	Wood chipboard	800	0,144
27	Woodwool slab.	400	0,086
		480	0,101

Sumber : Handbook on energy conservation in building and building services, Singapore

4.1.3 Penggunaan energi yang sehat mungkin dengan mengurangi daya terpasang, melalui:

4.1.3.1 pemilihan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Dianjurkan menggunakan lampu fluoresen dan lampu pelepasan gas lainnya.

4.1.3.2 pemilihan armatur yang mempunyai karakteristik distribusi pencahayaan sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu.

4.1.3.3 pemanfaatan cahaya alami siang hari.

Tabel 1 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight > 5300 K
Rumah tinggal :					
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	3 atau 4		*	*
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		*	*
Ruang kerja	350	1 atau 2		*	*
Ruang komputer	350	1 atau 2		*	*
Ruang rapat	300	1		*	*
Ruang gambar	750	1	*	*	*
Gudang arsip	150	1 atau 2		*	*
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		*	*
Lembaga Pendidikan :					
Ruang kelas	250	1 atau 2		*	*
Perpustakaan	300	1 atau 2		*	*
Laboratorium	500	1		*	*
Ruang gambar	750	1	*	*	*
Kantin	200	1	*	*	*
Hotel dan Restoran :					
Lobi, koridor	100	1	*	*	
Ruang serba guna	200	1	*	*	
Ruang makan	250	1	*	*	
Kafeteria	200	1	*	*	
Kamar tidur	150	1 atau 2	*	*	
Dapur	300	1	*	*	

Tabel 1 (lanjutan)

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight >5300 K
Rumah sakit/ Balai pengobatan					
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		+	+
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1			+
Laboratorium	500	1 atau 2		+	+
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	-	+	
Pertokoan/Ruang Pamer :					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	+	+	+
Toko kue dan makanan	250	1	+	+	
Toko bunga	250	1		+	
Toko buku dan alat tulis/gambar	300	1	+	+	+
Toko perhiasan, adopsi	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/tepa, mesin cuci dan lain-lain)	250	1 atau 2	+	+	+
Toko alat musik dan olahraga	250	1	+	+	+
Industri (Umum) :					
Gudang	100	3		+	+
Pekerjaan kasar	100 - 200	2 atau 3		+	+
Pekerjaan menengah	200 - 500	1 atau 2		+	+
Pekerjaan halus	500 - 1000	1		+	+
Pekerjaan amat halus	1000-2000	1		+	+
Pemeriksaan warna	750	1		+	+
Rumah ibadah :					
Masjid	200	1 atau 2		+	
Gereja	200	1 atau 2		+	
Vihara	200	1 atau 2		+	

Tabel 2 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m^2) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit	
Ruang pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sibuk seperti hotel, bandara, teater	30
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah	15
Jalan dan lapangan :	
Tempat penimbunan atau tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi, dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

4.2. Pencahayaan alami

Pencahayaan alami siang hari harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- cahaya alami siang hari harus dimanfaatkan sebaik-baiknya,
- dalam pemanfaatan cahaya alami, masuknya radiasi matahari langsung ke dalam bangunan harus dibuat seminimal mungkin. Cahaya langit harus diutamakan dari pada cahaya matahari langsung,
- pencahayaan alami siang hari dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03-2340-1991 tentang "Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung".

3.14

sistem saluran udara variabel (Variable Air Volume = VAV)

sistem tata udara yang mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengatur laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tersebut.

3.15

sistem tata udara

keseluruhan sistem yang mengkondisikan udara di dalam gedung dengan mengatur besaran termal seperti temperatur dan kelembaban relatif, serta kesegaran dan kebersihannya, sedemikian rupa sehingga diperoleh kondisi ruangan yang nyaman.

3.16

transmitansi termal

koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.

3.17

ventilasi udara luar (Outdoor ventilation)

pemasukan udara segar dan luar ke dalam gedung dengan sengaja, untuk menjaga kesegaran atau kualitas udara.

4 Perhitungan teknis

4.1 Kondisi perencanaan.

4.1.1 Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar.

4.1.2 Apabila tidak ditentukan dalam standar, secara umum harus digunakan kondisi perencanaan dengan temperatur bola kering $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $60\% \pm 10\%$ untuk kenyamanan penghuni.

4.1.3 Kondisi udara di luar untuk perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

4.2 Perhitungan perkiraan beban pendinginan

4.2.1 Umum

4.2.1.1 Sebagai faktor utama untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi, perhitungan perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan hati-hati dan sangat cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat akan dapat menjamin diperhatikannya sebanyak mungkin peluang penghematan energi pada tahap perencanaan. Perhitungan beban pendinginan hanya dengan menggunakan "angka praktek" (*check figure, rule of thumb*) dan semacamnya yang didasarkan atas luas lantai, hanya dapat digunakan untuk menyusun anggaran atau sebagai perkiraan kasar kapasitas sistem tata udara, tetapi bukan untuk perencanaan sistem tata udara.

4.2.1.2 Perhitungan beban pendinginan mekanik yang didasarkan atas luas lantai yang terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

INSTRUKSI PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 2 TAHUN 2008
TENTANG
PENGHEMATAN ENERGI DAN AIR

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

Dalam rangka meningkatkan penghematan energi dan air dengan tetap memperhatikan kebutuhan pokok energi dan air bagi masyarakat serta prinsip keadilan dalam pemanfaatannya, dengan ini menginstruksikan :

- Kepada :
1. Menteri Kabinet Indonesia Bersatu;
 2. Jaksa Agung Republik Indonesia;
 3. Kepala Lembaga Pemerintah Non Departemen;
 4. Panglima Tentara Nasional Indonesia;
 5. Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia;
 6. Pimpinan Kesekretariatan Lembaga Negara;
 7. Gubernur;
 8. Bupati/Walikota.

Untuk :

- PERTAMA** : Melakukan langkah-langkah dan inovasi penghematan energi dan air di lingkungan instansi masing-masing dan/atau di lingkungan Badan Usaha Milik Negara, dan Badan Usaha Milik Daerah sesuai kewenangan masing-masing dengan berpedoman pada Kebijakan Penghematan Energi dan Air, untuk :
- a. penerangan dan alat pendingin ruangan (AC) gedung kantor dan/atau bangunan yang dikelola oleh Pemerintah, Pemerintah Daerah, Badan Usaha Milik Negara, dan Badan Usaha Milik Daerah;

b. peralatan ...



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

- b. peralatan kantor, perlengkapan, dan peralatan yang menggunakan energi listrik, bahan bakar minyak atau gas untuk gedung kantor dan/atau bangunan termasuk kendaraan dinas, yang dikelola oleh Pemerintah, Pemerintah Daerah, Badan Usaha Milik Negara, dan Badan Usaha Milik Daerah;
- c. kegiatan atau aktifitas Pemerintah, Pemerintah Daerah, Badan Usaha Milik Negara, dan Badan Usaha Milik Daerah yang memanfaatkan air.

KEDUA : Membentuk gugus tugas di lingkungan masing-masing untuk mengawasi pelaksanaan penghematan energi dan air.

KETIGA : Para Gubernur, Bupati dan Walikota agar :

1. Melaksanakan program dan kegiatan penghematan energi dan air sesuai Kebijakan Penghematan Energi dan Air yang telah ditetapkan;
2. Melakukan sosialisasi dan mendorong masyarakat termasuk perusahaan swasta yang berada di wilayah masing-masing untuk melaksanakan penghematan energi dan air sebagaimana dimaksud dalam Diktum PERTAMA.

KEEMPAT : 1. Untuk mengoptimalkan kebijakan nasional dalam rangka penghematan energi dan air, membentuk Tim Nasional Penghematan Energi dan Air, yang untuk selanjutnya dalam Instruksi Presiden ini disebut Tim Nasional, dengan susunan keanggotaan sebagai berikut :

Ketua

merangkap Anggota : Menteri Koordinator Bidang
Perekonomian;

Ketua ...



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

Ketua Harian

merangkap Anggota : Menteri Energi dan Sumber Daya
Mineral;

Anggota : 1. Menteri Dalam Negeri;
2. Menteri Perhubungan;
3. Menteri Pekerjaan Umum;
4. Menteri Pertanian;
5. Menteri Negara Pendayagunaan
Aparatur Negara;
6. Menteri Negara Lingkungan
Hidup;
7. Menteri Negara Riset dan
Teknologi;
8. Menteri Negara Badan Usaha
Milik Negara;
9. Kepala Badan Pengkajian dan
Penerapan Teknologi;

Sekretaris : Sdr. Ir. Eddie Widiono Suwondo, M.Sc.

2. Tim Nasional dalam melaksanakan tugasnya dibantu oleh Tim Pelaksana yang diketuai oleh Sekretaris Tim Nasional.
3. Kelengkapan keanggotaan Tim Pelaksana ditetapkan oleh Ketua Harian Tim Nasional.

KELIMA : Tim Nasional sebagaimana dimaksud dalam Diktum KEEMPAT bertugas :

a. merumuskan dan menyiapkan kebijakan, strategi dan program penghematan energi dan air termasuk program konservasi energi, dengan berpedoman pada prinsip :

1) kebutuhan pokok energi dan air masyarakat dewasa ini dipenuhi Pemerintah dengan subsidi;

2) kemewahan ...



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 4 -

- 2) kemewahan dalam pemanfaatan energi dan air harus dibatasi dan dibayar sesuai harga keekonomian;
 - 3) kebutuhan energi dan air untuk keperluan usaha dan bisnis, dibayar sesuai harga keekonomian;
 - 4) pemakaian energi dan air untuk Instansi Pemerintah harus dibatasi, diawasi, dan menjadi contoh masyarakat.
- b. menetapkan langkah-langkah strategis yang diperlukan dalam rangka penghematan energi dan air;
 - c. melakukan pembinaan dan memberikan bimbingan teknis terhadap pelaksanaan penghematan energi dan air kepada pengguna energi dan air;
 - d. menyusun langkah-langkah strategis untuk mengembangkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang konservasi energi dan air;
 - e. melakukan inventarisasi dan kajian atas kegiatan dan aktifitas yang dilakukan di Pemerintah, Pemerintah Daerah, Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah, dan perusahaan swasta serta masyarakat yang dapat dilakukan untuk menghemat energi dan air;
 - f. melakukan sosialisasi secara menyeluruh dan komprehensif untuk penggunaan teknologi yang dapat menghemat energi dan air;
 - g. melakukan evaluasi terhadap kebijakan yang terkait secara langsung maupun tidak langsung dengan penggunaan energi dan air untuk mendukung program penghematan energi dan air;
 - h. mengkaji dan menyusun kebijakan untuk pengalokasian pendanaan dalam rangka kegiatan penghematan energi dan air;
 - i. menetapkan ...



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 5 -

- i. menetapkan kebijakan dan langkah-langkah pelaksanaan audit energi dan air secara berkelanjutan di kantor Pemerintah, Pemerintah Daerah, Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah, dan swasta;
- j. menetapkan langkah-langkah strategis dalam rangka penyelesaian permasalahan yang menghambat program dan kegiatan penghematan energi dan air; dan
- k. melakukan pengawasan dan pemantauan atas pelaksanaan Instruksi Presiden dimaksud.

KEENAM : Dalam melaksanakan tugasnya Tim Nasional dapat melakukan kerjasama dengan konsultan, tenaga ahli, akademisi atau pihak-pihak lain yang dipandang perlu.

KETUJUH : Tim Nasional menyampaikan laporan mengenai pelaksanaan tugasnya kepada Presiden secara berkala setiap 6 (enam) bulan.

KEDELAPAN : Segala biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan tugas Tim Nasional dibebankan pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN).

KESEMBILAN: Melaksanakan Instruksi Presiden ini sebaik-baiknya dengan penuh tanggung jawab.

KESEPULUH : Dengan dikeluarkannya Instruksi Presiden ini, maka Instruksi Presiden Nomor 10 Tahun 2005 tentang Penghematan Energi, dinyatakan tidak berlaku.

Instruksi ...



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 6 -

Instruksi Presiden ini mulai berlaku pada tanggal dikeluarkan.

Dikeluarkan di Jakarta
pada tanggal 5 Mei 2008
PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

DR. H. SUSILO BAMBANG YUDHOYONO

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi Sekretaris Kabinet
Bidang Hukum,



Dr. M. Inan Santoso

KEPUTUSAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR : 89 TAHUN 2002
 TANGGAL : 31 DESEMBER 2002

GOLONGAN TARIF DASAR LISTRIK

No.	Gol. Tarif TR/TM/TT*	BATAS DAYA	KETERANGAN
1.	S-1 / TR	220 VA	Golongan Tarif Untuk Pemakaian Sangat Kecil
2.	S-2 / TR	250 VA s/d 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Pelayanan Sosial Kecil Sampai dengan sedang
3.	S-3 / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Pelayanan Sosial
4.	R-1 / TR	250 VA s/d 2.200 VA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Rumah Tangga Kecil
5.	R-2 / TR	diatas 2.200 VA s/d 6.600 VA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Rumah Tangga Menengah
6.	R-3 / TR	di atas 6.600 VA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Rumah Tangga Besar
7.	B-1 / TR	250 VA s/d 2.200 VA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Bisnis Kecil
8.	B-2 / TR	diatas 2.200 VA s/d 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Bisnis Menengah
9.	B-3 / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Bisnis Besar
10.	I-1 / TR	450 VA s/d 14 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Industri Kecil / Rumah Tangga
11.	I-2 / TR	diatas 14 kVA s/d 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Industri Sedang
12.	I-3 / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Industri Menengah
13.	I-4 / TT	30.000 kVA ke atas	Golongan Tarif Untuk Keperluan Industri Besar
14.	P-1 / TR	250 VA s/d 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Kantor Pemerintah Kecil dan Sedang
15.	P-2 / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Keperluan Kantor Pemerintah Besar
16.	P-3 / TR		Golongan Tarif Untuk Keperluan Penerangan Jalan
17.	T / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Untuk Traksi diperuntukkan bagi Perusahaan Perseroan (PERSERO) PT. Kereta Api Indonesia
18.	C / TM	diatas 200 kVA	Golongan Tarif Curah (<i>bulk</i>) Untuk Keperluan penjualan secara curah (<i>bulk</i>) kepada pemegang Izin Usaha Ketenagalistrikan untuk Kepentingan Umum (PIUKU)
19.	M / TR, TM, TT		Golongan Tarif multiguna diperuntukkan hanya bagi pengguna listrik yang memerlukan pelayanan dengan kualitas khusus dan yang karena berbagai hal tidak termasuk dalam ketentuan golongan tarif S,R,B,I dan P

Keterangan :

TR: Tegangan Rendah

TM: Tegangan Menengah

TT: Tegangan Tinggi

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA
 ttd,
 Megawati Soekarnoputri

Keputusan Presiden Republik Indonesia

NOMOR : 89 TAHUN 2002

TANGGAL : 31 DESEMBER 2002

TDL UNTUK KEPERLUAN KANTOR PEMERINTAH DAN PENERANGAN JALAN UMUM

NO.	GOL TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN (RP./kVA/bulan)		BIAYA PEMAKAIAN (RP./kWh)	
			1 Januari s.d 31 Maret 2003	1 April s.d 30 Juni 2003	1 Januari s.d 31 Maret 2003	1 April s.d 30 Juni 2003
1.	P-1 / TR	s.d 450 VA	19.000	19.500	550	560
2.	P-1 / TR	900 VA	24.000	24.200	590	595
3.	P-1 / TR	1.300 VA	24.000	24.200	590	595
4.	P-1 / TR	2.200 VA	24.000	24.200	590	595
5.	P-1 / TR	di atas 2.200 VA s.d 200 kVA	24.000	24.200	590	595
6.	P-2 / TM	di atas 200 kVA	23.300	23.600	Blok WBP = $K \times 371$ Blok LWBP = 371	Blok WBP = $K \times 376$ Blok LWBP = 376
7.	P-3 / TR	-	-	-	575	605

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), yang ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (PERSERO) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak

Jam nyala : adalah kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd,

Megawati Soekarnoputri

KEPUTUSAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

NOMOR : 89 TAHUN 2002

TANGGAL : 31 DESEMBER 2002

TDL UNTUK KEPERLUAN KANTOR PEMERINTAH DAN PENERANGAN JALAN UMUM

NO.	GOL TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN (RP./kVA/bulan)		BIAYA PEMAKAIAN (RP./kWh)	
			1 Juli s.d 30 September 2003	1 Oktober s.d 31 Desember 2003	1 Juli s.d 30 September 2003	1 Oktober s.d 31 Desember 2003
1.	P-1 / TR	s.d 450 VA	20.000	20.500	575	595
2.	P-1 / TR	900 VA	24.600	25.000	600	605
3.	P-1 / TR	1.300 VA	24.600	25.000	600	605
4.	P-1 / TR	2.200 VA	24.600	25.000	600	605
5.	P-1 / TR	di atas 2.200 VA s.d 200 kVA	24.600	25.000	600	605
6.	P-2 / TM	di atas 200 kVA	23.800	24.000	Blok WBP = $K \times 379$ Blok LWBP = 379	Blok WBP = $K \times 382$ Blok LWBP = 382
7.	P-3 / TR	-	-	-	635	665

Catatan:

Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), yang ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (PERSERO) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak

Jam nyala : adalah kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd,

Megawati Soekarnoputri

4.1.3 Penggunaan energi yang sehemat mungkin dengan mengurangi daya terpasang, melalui :

4.1.3.1 pemilihan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Dianjurkan menggunakan lampu fluorezen dan lampu pelepasan gas lainnya.

4.1.3.2 pemilihan armatur yang mempunyai karakteristik distribusi pencahayaan sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu.

4.1.3.3 pemanfaatan cahaya alami siang hari.

Tabel 1 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight > 5300 K
Rumah tinggal :					
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	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		♦	♦
Lembaga Pendidikan :					
Ruang kelas	250	1 atau 2		♦	♦
Perpustakaan	300	1 atau 2		♦	♦
Laboratorium	500	1		♦	♦
Ruang gambar	750	1		♦	♦
Kantin	200	1	♦	♦	
Hotel dan Restoran :					
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	♦	♦	

Tabel 1 (lanjutan)

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight > 5300 K
Rumah sakit/ Balai pengobatan					
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		♦	♦
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		♦	♦
Laboratorium	500	1 atau 2		♦	♦
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	♦	♦	
Pertokoan/Ruang Pamer :					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	♦	♦	♦
Toko kue dan makanan	250	1	♦	♦	
Toko bunga	250	1		♦	
Toko buku dan alat tulis/gambar	300	1	♦	♦	♦
Toko perhiasan, 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 musik dan olahraga	250	1	♦	♦	♦
Industri (Umum) :					
Gudang	100	3		♦	♦
Pekerjaan kasar	100 - 200	2 atau 3		♦	♦
Pekerjaan menengah	200 - 500	1 atau 2		♦	♦
Pekerjaan halus	500 - 1000	1		♦	♦
Pekerjaan amat halus	1000 - 2000	1		♦	♦
Pemeriksaan warna	750	1		♦	♦
Rumah ibadah :					
Masjid	300	1 atau 2		♦	
Gereja	300	1 atau 2		♦	
Vihara	300	1 atau 2		♦	

Tabel 2 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m ²) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit	
Ruang pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sibuk seperti hotel, bandara, teater	30
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah	15
Jalan dan lapangan :	
Tempat penimbunan atau tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi, dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

4.2 Pencahayaan alami

Pencahayaan alami siang hari harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a) cahaya alami siang hari harus dimanfaatkan sebaik-baiknya;
- b) dalam pemanfaatan cahaya alami, masuknya radiasi matahari langsung ke dalam bangunan harus dibuat seminimal mungkin. Cahaya langit harus diutamakan dari pada cahaya matahari langsung;
- c) pencahayaan alami siang hari dalam bangunan gedung harus memenuhi ketentuan SNI 03-2396-1991 tentang "Tata Cara Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari untuk Rumah dan Gedung"

3.14**sistem saluran udara variabel (*Variable Air Volume = VAV*)**

sistem tata udara yang mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengatur laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tersebut.

3.15**sistem tata udara**

keseluruhan sistem yang mengkondisikan udara di dalam gedung dengan mengatur besaran termal seperti temperatur dan kelembaban relatif, serta kesegaran dan kebersihannya, sedemikian rupa sehingga diperoleh kondisi ruangan yang nyaman.

3.16**transmitansi termal**

koeffisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.

3.17**ventilasi udara luar (*Outdoor ventilation*)**

pemasukan udara segar dari luar ke dalam gedung dengan sengaja, untuk menjaga kesegaran atau kualitas udara.

4 Perhitungan teknis**4.1 Kondisi perencanaan.**

4.1.1 Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar.

4.1.2 Apabila tidak ditentukan dalam standar, secara umum harus digunakan kondisi perencanaan dengan temperatur bola kering $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $60\% \pm 10\%$ untuk kenyamanan penghuni.

4.1.3 Kondisi udara di luar untuk perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

4.2 Perhitungan perkiraan beban pendinginan**4.2.1 Umum**

4.2.1.1 Sebagai faktor utama untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi, perhitungan perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan hati-hati dan sangat cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat akan dapat menjamin diperhatikannya sebanyak mungkin peluang penghematan energi pada tahap perencanaan. Perhitungan beban pendinginan hanya dengan menggunakan "angka praktek" (*check figure, rule of thumb*) dan semacamnya yang didasarkan atas luas lantai, hanya dapat digunakan untuk menyusun anggaran atau sebagai perkiraan kasar kapasitas sistem tata udara, tetapi bukan untuk perencanaan sistem tata udara.

4.2.1.2 Perhitungan beban pendinginan maksimum yang terlampaui konservatif, atau terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang