



UNIVERSITAS INDONESIA

**AUDIT ENERGI PADA GEDUNG PERKANTORAN
DI JAKARTA SELATAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar menjadi
Sarjana Teknik**

CETRA PALUPI RENGGANIS

0706198410

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : CETRA PALUPI RENGGANIS

NPM : 0706198410

Tanda Tangan :

Tanggal : 06 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Cetra Palupi Rengganis
NPM : 0706198410
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : **AUDIT ENERGI PADA GEDUNG
PERKANTORAN DI JAKARTA
SELATAN**

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Budihardjo, Dipl.-Ing. (.....)
Penguji : Dr. Ir. Idrus Alhamid (.....)
Penguji : Dr.-Ing. Ir. Nasruddin, MEng (.....)
Penguji : Ir. Rusdy Malin, MME (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 06 Juli 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

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 Mesin 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, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Budihardjo, Dipl.-Ing.

Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Harapan penulis kiranya skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 06 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Cetra Palupi Rengganis
NPM : : 0706198410
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Mesin
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 :

” AUDIT ENERGI PADA GEDUNG PERKANTORAN DI JAKARTA SELATAN ”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 06 Juli 2009

Yang menyatakan

(Cetra Palupi Rengganis)

ABSTRAK

Nama : Cetra Palupi Rengganis
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : **AUDIT ENERGI PADA GEDUNG PERKANTORAN DI
JAKARTA SELATAN**

Energi listrik sangat penting dalam aktifitas di gedung perkantoran, hal ini sangat menunjang dalam operasional di gedung perkantoran. Peralatan seperti pengkondisian udara merupakan peralatan yang banyak mengkonsumsi energi listrik. Hampir sekitar 57% penggunaan energi listrik digunakan untuk sistem pengkondisian udara. Hal ini merupakan suatu pemborosan energi jika tidak mempergunakan sistem dengan baik dan efisien.

Untuk menanggulangi masalah tersebut dilakukan efisiensi energi. Salah satu metode yang sekarang dipakai untuk mengefisienkan pemakaian energi adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi. Dalam proses ini meliputi adanya audit energi yaitu suatu metode untuk menghitung intensitas konsumsi energi suatu gedung atau bangunan.

Berdasarkan audit awal terlihat bahwa pemakaian energi listrik lebih besar dipergunakan untuk sistem tata udara (57%) dan sistem pencahayaan (13%). Berdasarkan hasil audit energi rinci, diperoleh harga IKE untuk system pencahayaan adalah masih lebih besar dari standard yaitu sebesar 15 Watt/m². Peluang Hemat Energi (PHE) pada audit energi di sistem tata udara yaitu dengan cara pembersihan pada unit AHU yaitu meliputi pembersihan saringan udara (*filter*), sudut kipas, sirip (*fin*) evaporator dan kisi keluaran (*grill*) pada unit-unit AHU. Peluang Hemat Energi (PHE) yang kedua adalah dengan Mengatur (*setup*) temperatur air keluar (*Leaving Chilled Water Temperature = LCWT*) pada *chiller*.

Kata Kunci : Konservasi energi, Audit Energi, Sistem Tata Udara, Sistem Pencahayaan

ABSTRACT

Name : Cetra Palupi Rengganis
Study Program : Mechanical Engineering
Title : ***ENERGY AUDIT IN OFFICE BUILDING AT SOUTH
JAKARTA***

The electricity is very important element to support all activities in office building. The equipments like air condition (AC) needs more electricity to be operated. There is almost 57% of electricity is used to support this system (air condition). This percentage describes that air condition system is an equipment that needs more electricity in the office and its become inefficiency in using electricity.

To take an overcome for this problem, we need to do efficiency in using energy. One of the method that now used to efficient the energy is called "energy conservation." Generally, this method is used to saving the energy. There is one thing that must be done in this activity, which is "energy audit". In this process, audit energy is one of method to calculate Intensity Consume Energy (IKE) at on particular building.

The first preliminary audit shown that more energy, which is 57% is used to operate the air condition (AC) system and 13% is used to operate the lighting system. Based on details audit, IKE for lighting system is still higher/bigger from the maximum standard, which is 15 Watt/m². The opportunity of saving energy on audit energy in air condition system is done by cleaning up the AHU unit that consist of: cleaning up the filter, the propeller corner, fin, the evaporator and the grill in AHU units. The second Conservation Opportunity of Energy (COE) to saving the energy is done by set up the Leaving Chilled Water Temperature (LCWT).

Key word : Conservation Energy, Energy Audit, Air Conditiong System, Liggthing System

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
<u>BAB 1 PENDAHULUAN</u>	1
<u>1.1 Latar Belakang Masalah</u>	1
<u>1.2 Rumusan Masalah</u>	1
<u>1.3 Tujuan Penelitian</u>	2
<u>1.4 Batasan Masalah</u>	2
<u>1.5 Sistematika Penulisan</u>	3
<u>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</u>	4
<u>2.1 Konservasi Energi</u>	4
<u>2.2 Audit Energi</u>	5
2.2.1 Audit Awal.....	7
2.2.2 Audit Rinci.....	8
2.2.3 Evaluasi dan Analisis Hasil Audit.....	9
<u>2.3 Sistem Tata Udara</u>	9
2.3.1 Sistem Pengkondisian Udara Sentral.....	10
2.3.2 Chiller.....	11
2.3.3 Air Handling Unit.....	14
2.3.4 Cooling Tower.....	15
<u>2.4 Sistem Pencahayaan</u>	17
2.4.1 Perhitungan daya Listrik.....	18
2.4.2 Tingkat Pencahayaan.....	19
2.4.3 Daya Pencahayaan.....	20
2.4.4 Pemilihan Lampu.....	20
<u>BAB 3 DATA DAN ANALISA</u>	24
<u>3.1 Sistem Mekanikal</u>	24
<u>3.1.1 Chiller</u>	25
<u>3.1.2 Chilled Water Pump</u>	28

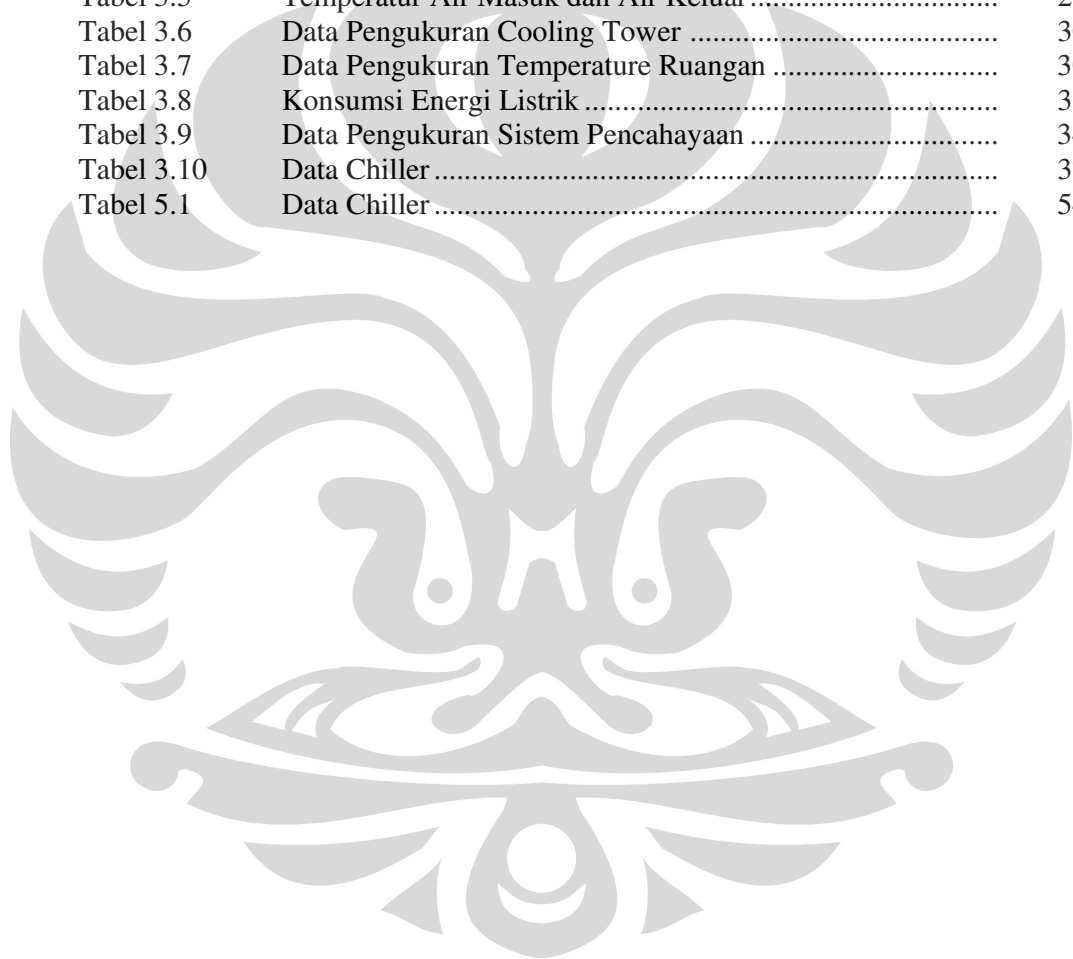
<u>3.1.3 Condensor Water Pump</u>	28
<u>3.1.4 Air Handling Unit</u>	28
<u>3.1.5 Cooling Tower</u>	29
<u>3.1.6 Kenyamanan Ruang</u>	30
<u>3.2 Sistem Elektrikal</u>	30
<u>3.2.1 Sumber Daya Listrik</u>	30
<u>3.2.2 Sistem Distribusi Listrik</u>	31
<u>3.2.3 Konsumsi Energi Listrik</u>	33
<u>3.2.3 Sistem Pencahayaan</u>	34
<u>3.3 Analisa Sistem Mekanikal</u>	34
<u>3.3.1 Chiller</u>	34
<u>3.3.2 Chilled Water Pump</u>	38
<u>3.3.3 Condensor Water Pump</u>	39
<u>3.3.4 Air Handling Unit</u>	39
<u>3.3.5 Cooling Tower</u>	40
<u>3.3.6 Kenyamanan Ruang</u>	43
<u>3.4 Analisa Sistem Elektrikal</u>	44
<u>3.4.1 Profil Penggunaan Energi</u>	44
<u>3.4.2 Sistem Pencahayaan</u>	45
<u>BAB IV PELUANG PENGHEMATAN ENERGI</u>	47
<u>4.1 Sistem Mekanikal</u>	47
<u>4.2 Sistem Elektrikal</u>	50
<u>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</u>	42
<u>5.1 Kesimpulan</u>	46
<u>5.2 Saran</u>	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Flow Chart Audit Energi.....	6
Gambar 2.2	Skema Chiller Carrier 19XL.....	12
Gambar 2.3	Skema Chiller dengan Menggunakan Cooling Tower	12
Gambar 2.4	Skema Cooling Tower	16
Gambar 2.5	CT range dan CT approach dari Cooling Tower.....	17
Gambar 3.1	Diagram Skematik Sistem Tata Udara.....	25
Gambar 3.2	Diagram Satu Garis Sistem Distribusi Listrik.....	31
Gambar 3.3	Diagram p-h Chiller tanggal 10 Juni 2008.....	34
Gambar 3.4	Diagram p-h Chiller tanggal 14 Juni 2008.....	35
Gambar 3.5	Grafik Profil Beban Chiller.....	38
Gambar 3.6	Grafik Temperatur Air Sejuk Masuk-Keluar AHU.....	40
Gambar 3.7	Range dan Approach Cooling Tower 1.....	41
Gambar 3.8	Range dan Approach Cooling Tower 2.....	42
Gambar 3.9	Grafik Temperature Ruangan per Lantai	43
Gambar 3.10	Grafik Relative Humidity.....	43
Gambar 3.11	Persentase Pemakaian Energi Listrik.....	44
Gambar 3.12	Grafik Pengukuran Trafo 1 tanggal 19-08-08.....	45
Gambar 3.13	Grafik Pengukuran Trafo 2 tanggal 19-08-08.....	46
Gambar 3.14	Grafik Pengukuran Trafo 1 tanggal 20-08-08.....	46
Gambar 3.15	Grafik Pengukuran Trafo 2 tanggal 20-08-08.....	47
Gambar 3.16	Grafik Lux rata-rata.....	48
Gambar 3.17	Grafik IKE Pencahayaan Gedung	48
Gambar 4.1	Data Chiller setelah Dilakukan Penghematan.....	52
Gambar 4.2	Skema Penempatan Lampu.....	53
Gambar 5.1	Chart Konsumsi Energi Listrik	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Pencahayaan Rata-rata yang Direkomendasikan.....	20
Tabel 2.2	Daya Pencahayaan Maksimum	20
Tabel 2.3	Perbandingan Karakteristik Lampu	21
Tabel 2.4	Penggantian Lampu.....	21
Tabel 3.1	Data Pengukuran Chiller tanggal 10 Juni 2008.....	26
Tabel 3.2	Data Pengukuran Chiller tanggal 11 Juni 2008.....	27
Tabel 3.3	Data Pengukuran Ruang AHU	28
Tabel 3.4	Data Pengukuran Cooling Tower	29
Tabel 3.5	Temperatur Air Masuk dan Air Keluar	29
Tabel 3.6	Data Pengukuran Cooling Tower	30
Tabel 3.7	Data Pengukuran Temperature Ruangan	30
Tabel 3.8	Konsumsi Energi Listrik	33
Tabel 3.9	Data Pengukuran Sistem Pencahayaan	34
Tabel 3.10	Data Chiller	37
Tabel 5.1	Data Chiller	54



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi pada gedung atau bangunan sangatlah penting, terutama penggunaan energi listrik, porsi pemakaian serta alokasi dana untuk penyediaannya adalah yang terbesar. Hal ini dapat dilihat bahwa peralatan seperti lampu-lampu, peralatan elektronik, pompa-pompa, sampai pada sistem pengkondisian udara adalah beberapa alat yang dominan dalam operasional gedung.

Untuk menanggulangi pemborosan pemakaian energi yang akan mengakibatkan pembengkakan pada pembayaran listrik maka harus dilakukan efisiensi energi. Salah satu metode yang sekarang dipakai untuk mengefisienkan pemakaian energi listrik adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi. Dalam proses ini meliputi adanya audit energi yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan, yang mana hasilnya nanti akan dibandingkan dengan standar yang ada untuk kemudian dicari solusi penghematan konsumsi energi jika tingkat konsumsinya melebihi standar baku yang ada.

Dari dasar pemikiran di atas, maka penulis dalam penyusunan skripsi ini mengambil judul "Audit Energi pada Gedung Perkantoran di Jakarta Selatan" dengan harapan dari skripsi ini dapat diketahui tingkat konsumsi energi di gedung perkantoran, peluang dan solusi penghematan yang dapat direkomendasikan kepada pihak manajemen gedung.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dirumuskan beberapa masalah diantaranya :

- a. Bagaimana menentukan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) berdasarkan observasi penggunaan energi listrik secara detail dengan berbagai peralatan yang mengkonsumsi energi listrik dan waktu penggunaannya.
- b. Bagaimana mencari peluang-peluang untuk penghematan energi dan penghematan biaya berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Dapat mengetahui nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) berdasarkan observasi penggunaan energi listrik secara detail dengan berbagai peralatan yang mengkonsumsi energi listrik dan waktu penggunaannya.
- b. Dapat mengetahui sistem yang bekerja secara baik atau tidak berdasarkan kondisi aktual di lapangan.
- c. Dapat mencari peluang-peluang untuk penghematan energi dan penghematan biaya berdasarkan kondisi aktual di lapangan

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang melingkupi penelitian ini antara lain :

- a. Tahapan Audit Energi Awal meliputi :
Perhitungan pola konsumsi energi di Gedung Perkantoran dalam jangka waktu tertentu.
- b. Tahapan Audit Energi Rinci:
 - Perhitungan listrik gedung perkantoran berdasarkan pengukuran di panel-panel listrik gedung perkantoran dalam rentang waktu tertentu.
 - Audit rinci pada sistem pencahayaan dan sistem pengkondisian udara gedung perkantoran.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori tentang dasar teori konservasi energi, sistem pencahayaan dan pengkondisian udara.

BAB III DATA DAN ANALISA

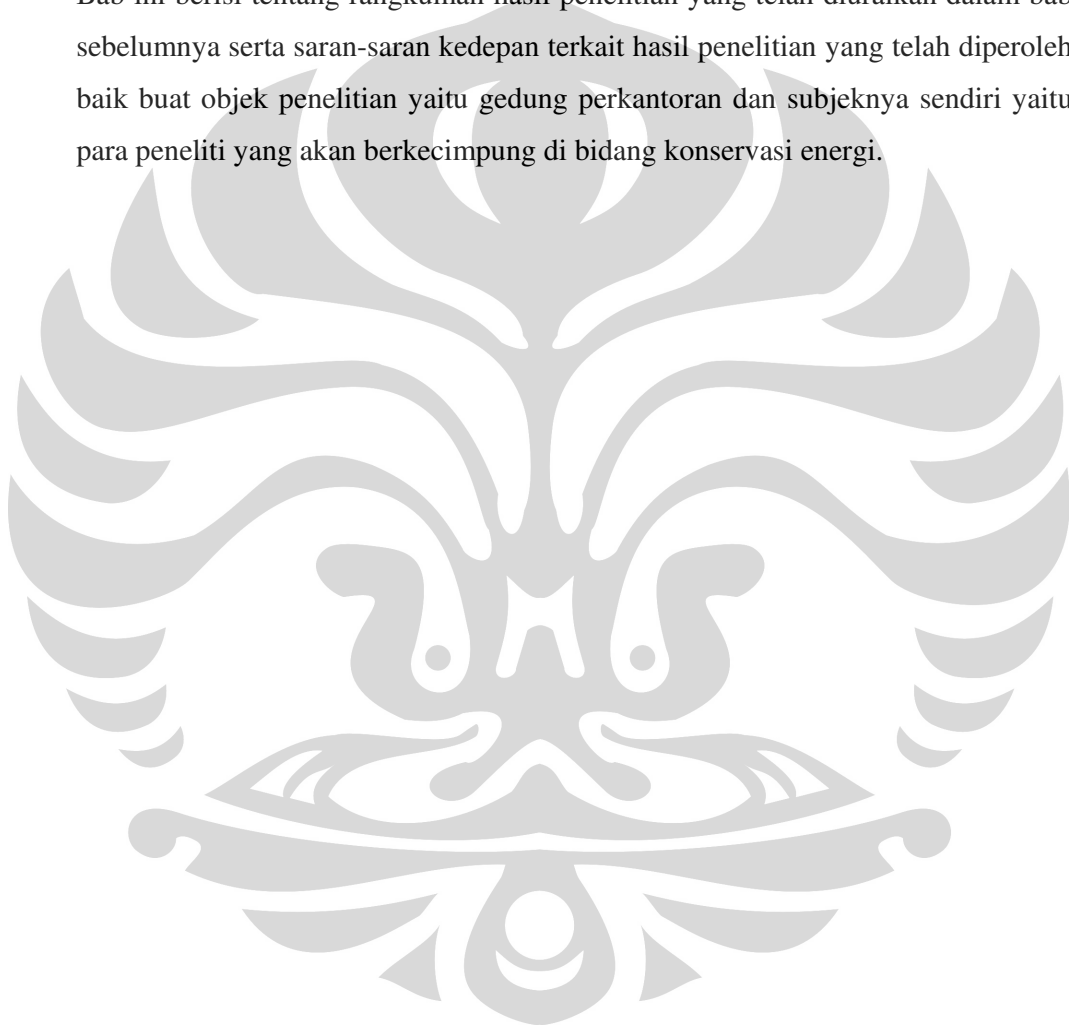
Pada bab ini berisi data dan pembahasan tentang system mekanikal dan sistem elektrikal gedung.

BAB IV PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

Pada bab ini berisi tentang rekomendasi peluang penghematan energi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang rangkuman hasil penelitian yang telah diuraikan dalam bab sebelumnya serta saran-saran kedepan terkait hasil penelitian yang telah diperoleh baik buat objek penelitian yaitu gedung perkantoran dan subjeknya sendiri yaitu para peneliti yang akan berkecimpung di bidang konservasi energi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah cara untuk memanfaatkan energi dengan efektif dan efisien tanpa mengurangi kebutuhan pemakaian dan kenyamanan pengguna. Konservasi energi bertujuan untuk meminimalkan konsumsi energi dengan cara mengurangi pemborosan penggunaan energi yang tidak dibutuhkan. Pengurangan pemborosan konsumsi energi berdasarkan dengan standar yang berlaku sehingga tidak mengurangi kenyamanan dan kebutuhan konsumen. Untuk mengetahui sistem mana saja yang dapat dilakukan penghematan, maka kita terlebih dahulu harus melakukan audit energi.

Dalam melakukan konservasi energi ada 3 bagian penting yang harus diperhatikan yaitu pengamatan pada sumber energi, sumber energi yang maksud adalah suplai energi yang digunakan pada bangunan/gedung tersebut seperti energi listrik yang bersumber dari PLN atau pemakaian generator set (GENSET) di gedung tersebut. Yang kedua adalah konversi dan distribusi sumber energi, maksudnya adalah pemilihan teknologi yang digunakan seperti peralatan listrik, penggunaan lampu atau pemakaian listrik untuk sistem pengkondisian udara serta optimasi dan efisiensi dari penggunaan sumber energi tersebut. Yang terakhir adalah konsumsi energi, konsumsi energi bertitik berat pada perilaku pengguna sumber energi dan pemakaian sumber energi sesuai dengan kebutuhan atau tidak. Dalam melakukan konservasi energi dibutuhkan langkah-langkah yang jelas, yaitu:

- Komitmen : Dukungan konservasi energi dari pihak perusahaan
- Audit energi : proses pola penggunaan energi dengan cara mengidentifikasi konsumsi energi
- Program : menentukan sasaran dan target (prioritas) serta membuat rencana secara rinci
- Sistem Informasi : memulai tindakan sesuai dengan program dan melakukan peningkatan kesadaran terhadap konservasi energi
- Pemantauan : monitoring dan evaluasi audit energi

2.2 Audit Energi

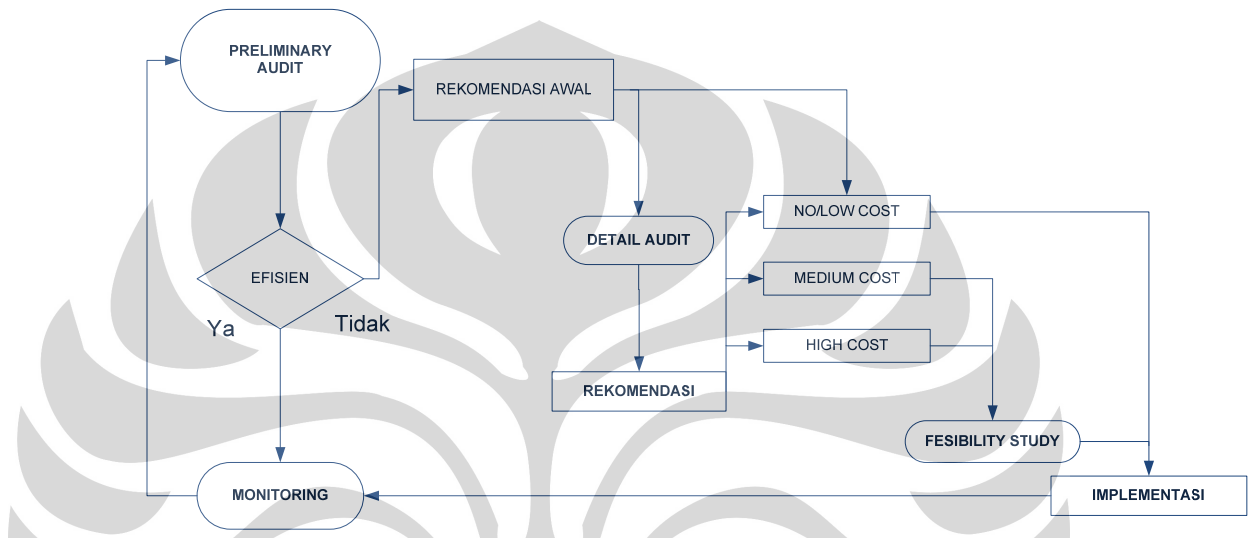
Usaha-usaha untuk menghemat energi di segala bidang makin dirasakan perlu karena semakin terbatasnya sumber-sumber energi yang tersedia dan semakin mahalnya biaya pemakaian energi. Usaha-usaha penghematan energi pada suatu bangunan komersial seperti gedung perkantoran atau suatu pabrik hanya dapat dilakukan jika telah diketahui untuk apa energi tersebut digunakan dan berapa besarnya pemakaian energi di tiap-tiap bangunan gedung atau pabrik tersebut. Untuk mengetahui hal tersebut maka diperlukan pengetahuan tentang audit energi atau kesetimbangan energi. Berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada akhirnya audit energi didefinisikan sebagai: kegiatan untuk mengidentifikasi jenis energi dan mengidentifikasi besarnya energi yang digunakan pada bagian-bagian operasi suatu industri/pabrik atau bangunan serta mencoba mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi.

Sasaran dari audit energi adalah memperoleh pola penggunaan energi, yaitu mendapatkan data tentang fluktuasi penggunaan energi. Data fluktuasi penggunaan energi dapat didapatkan dengan cara mengukur penggunaan energi listrik tiap waktu sehingga didapatkan grafik yang menghasilkan gambaran tentang kapan waktu penggunaan listrik terbesar dan kapan waktu penggunaan listrik terkecil di perusahaan tersebut. Selain itu kita akan memperoleh neraca energi dari penggunaan listrik ($\text{input} = \text{output}$). Neraca ini akan menggambarkan seberapa besar penggunaan energi dan mengidentifikasi pemborosan dari sistem tersebut.

Dalam audit energi Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan hal yang paling penting. IKE adalah patokan untuk mengklasifikasikan jenis penggunaan konsumsi energi di gedung tersebut, apakah boros atau sesuai dengan standar. Untuk nilai-nilai IKE pada bangunan gedung dapat diperoleh dari Standar Nasional Indonesia (SNI).

Output lainnya dalam audit energi adalah mengidentifikasi sumber-sumber pemborosan energi, hal ini bisa didapatkan dengan melakukan pengukuran terhadap penggunaan energi. Setelah itu maka didapat langkah-langkah penghematan, penghematan yang direncanakan harus rasional dan optimal, maksudnya adalah kembali pada konsep konservasi energi yaitu, melakukan penghematan tanpa mengurangi kebutuhan.

Setelah merencanakan penghematan, langkah selanjutnya adalah Peningkatan efisiensi penggunaan energi dengan cara melakukan manajemen perawatan dan operasi peralatan sehingga kerusakan dan kerugian-kerugian pada sistem dapat dikurangi. Peningkatan efisiensi juga dapat dilakukan dengan cara membuat/instalasi peralatan baru yang teknologinya hemat energi sehingga dapat mengurangi penggunaan energi listrik.



Gambar 2.1. Flow Chart Audit Energi

Dari gambar diatas, audit energi diawali dengan audit awal (*preliminary audit*) jika hasil dari audit awal mengatakan bahwa bangunan tersebut efisien (kurang dari nilai IKE) maka tinggal dilakukan monitoring. Tetapi jika hasil audit awal mengatakan bahwa IKE gedung tersebut lebih besar dari standard maka harus diberikan rekomendasi awal dan keluar hasil bahwa pemakaian energi listrik pada gedung tersebut low cost, medium cost atau high cost.. Kemudian dilaksanakan audit rinci (*detail audit*) untuk mengetahui penggunaan energi secara terperinci dan akhirnya keluarlah rekomendasi dan pengelompokan pemakaian energi listrik pada gedung tersebut low cost, medium cost atau high cost. Setelah itu dilakukan studi kelayakan dan kemudian diimplementasikan sebagai penghematan energi. Setelah dilakukan penghematan energi maka sistem tersebut masih harus dilakukan monitoring untuk unjuk menjaga agar tidak terjadi lagi pemborosan. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dari proses audit energi, yaitu:

2.2.1 Audit awal (*preliminary audit*)

Audit awal dilakukan untuk memperoleh gambaran umum pola penggunaan energi, melakukan identifikasi kasar potensi penghematan serta menyusun rekomendasi awal yang sifatnya segera dapat dilakukan. Output audit awal menentukan lokasi dan kebutuhan untuk melakukan audit rinci.

Audit awal menggunakan data-data sekunder dan questioner sebagai dasar untuk melakukan evaluasi penggunaan energi secara umum dan cepat. Pengukuran dibutuhkan untuk verifikasi beberapa angka yang dianggap kurang rasional.

Metodologi audit awal:

- Persiapan
 - Pembentukan tim dan koordinasi
 - Penyusunan jadwal
- Survei Lapangan
 - Pengumpulan data lapangan (data energi, disain proses dan operasional peralatan)
 - Pengamatan lapangan (potensi pemborosan, peralatan ukur dan kondisi peralatan)
 - Interview dengan operator
 - Presentasi singkat hasil survey lapangan (titik-titik pemborosan energi)
- Evaluasi Data
 - Profil penggunaan energi (fluktuasi dan neraca)
 - Benchmarking (Intensitas konsumsi energi)
 - Status manajemen energi
- Kesimpulan dan Rekomendasi
 - Gambaran awal peluang penghematan energi
 - Rekomendasi awal
 - Kebutuhan audit rinci (lokasi objek, parameter dan titik pengukuran)

2.2.2 Audit rinci (detail audit)

Audit energi rinci dilakukan untuk menginvestigasi lebih lanjut lokasi terjadinya pemborosan energi dan mengkuantifikasi besarnya peluang penghematan yang dapat dilakukan secara lebih spesifik. Dalam audit rinci harus dapat kesimpulan tentang lokasi dan besar peluang penghematan serta rekomendasi tindak lanjut yang dapat dilakukan berdasarkan criteria: no/low cost, medium cost dan high cost. Dalam audit rinci dilakukan pengukuran-pengukuran lebih rinci, sebagai dasar untuk melakukan evaluasi lebih lengkap.

- Persiapan
 - Pembentukan Tim dan Koordinasi
 - Evaluasi hasil pre-audit
 - Identifikasi titik pengukuran, kebutuhan alat dan personil
 - Penyusunan Jadwal
- Pengumpulan Data
 - Pengukuran Lapangan
- Evaluasi Data
 - Efisiensi Penggunaan Energi
 - Lokasi dan besar potensi penghematan energi
 - Analisa Teknoekonomis
- Kesimpulan dan Rekomendasi
 - Rekomendasi
 - Low/No cost
 - Medium cost
 - High cost
 - Kebutuhan Feasibility Study

2.2.3 Evaluasi dan Analisis hasil audit

- Benchmarking
 - Menbandingkan dengan standard efisiensi untuk proses/alat yang sama
- Incremental Cost Analysis

Menghitung biaya energi terkait dengan seluruh proses yang menjadi focus audit

➤ Mass and Energi Balance

Menyusun neraca energi dan neraca mass untuk mencari pemborosan energi

➤ Sankey Diagram

Diagram skematik yang menggambarkan aliran dan besaran energi di keseluruhan proses

➤ Analisis Manajemen Energi

Mengevaluasi status manajemen energi yang diterapkan

Pemakaian terbesar energi listrik pada gedung perkantoran biasanya digunakan untuk sistem tata udara dan sistem kelistrikan. Pada buku ini pembahasan sistem kelistrikan dikhususkan kepada sistem pencahayaan.

2.3 Sistem Tata Udara

Sistem tata udara bertujuan untuk menciptakan kondisi udara ruang yang kondusif bagi kesehatan, kenyamanan dan efisiensi. Pada dasarnya kenyamanan manusia dalam bangunan dapat dirasakan secara fisik maupun non fisik. Kenyamanan fisik didasarkan pada kebutuhan standar, sedangkan non fisik pada persepsi manusia. Pembahasan dititik beratkan pada kenyamanan thermal. Sesuai dengan **SNI 03-6572-2001** kenyamanan thermal ruangan ditentukan 3 faktor yaitu:

➤ Temperatur/ suhu

Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi :

- a) sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,50C ~ 22,80C.
- b) nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,80C ~ 25,80C.
- c) hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,80C ~ 27,10C.

➤ Kelembaban

Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.

➤ Aliran udara

Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

2.3.1 Sistem Pengkondisian Udara Sentral

Sistem tata udara (AC) sentral berarti bahwa proses pendinginan udara terpusat pada satu lokasi yang kemudian didistribusikan ke semua arah atau lokasi. Instalasi pengkondisian udara ruangan yang digunakan dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu unit pendingin atau Chiller, Unit penanganan udara atau Air Handling Unit (AHU), dan Unit menara pendingin (Cooling Tower).

Pada unit pendingin atau chiller yang menggunakan sistem kompresi uap, komponennya terdiri dari kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Pada chiller biasanya tipe kondensornya adalah water-cooled condenser. Air untuk mendinginkan kondensor dialirkan melalui pipa yang kemudian outputnya didinginkan kembali secara evaporative cooling pada cooling tower.

Pada komponen evaporator, jika sistemnya indirect cooling maka fluida yang didinginkan tidak langsung udara melainkan air yang dialirkan melalui sistem pemipaan. Air yang mengalami pendinginan pada evaporator dialirkan menuju sistem penanganan udara (AHU) menuju koil pendingin.

Setelah itu udara yang telah mengalami penurunan temperatur didistribusikan secara merata ke setiap ruangan melewati saluran udara (ducting) yang telah dirancang terlebih dahulu sehingga lokasi yang jauh sekalipun bisa terjangkau. Beberapa kelemahan dari sistem ini adalah jika satu komponen mengalami kerusakan dan sistem AC sentral tidak hidup maka semua ruangan tidak akan merasakan udara sejuk.

2.3.2 Chiller

Pengondisian udara ini didukung oleh sistem Air Conditioning (AC). Secara garis besar sistem AC dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar jika ditinjau dari cara pendinginan dan cara pengembunan udara yang dikondisikan:

a) Direct Expansion/DX sistem

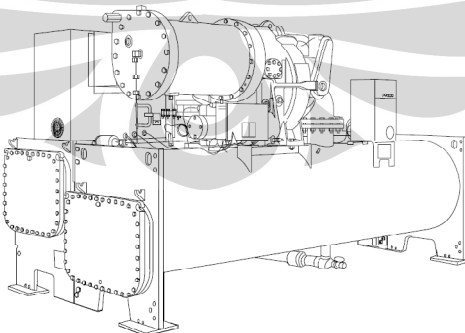
Udara yang akan dikondisikan langsung didinginkan oleh refrigerant di dalam evaporator.

b) Indirect sistem/Chilled water sistem

Udara yang akan dikondisikan didinginkan oleh air dingin (chilled water) yang diperoleh dari pendinginan di cooler/evaporator chiller, cooling coil nya berisi air dingin bukan refrigerant.

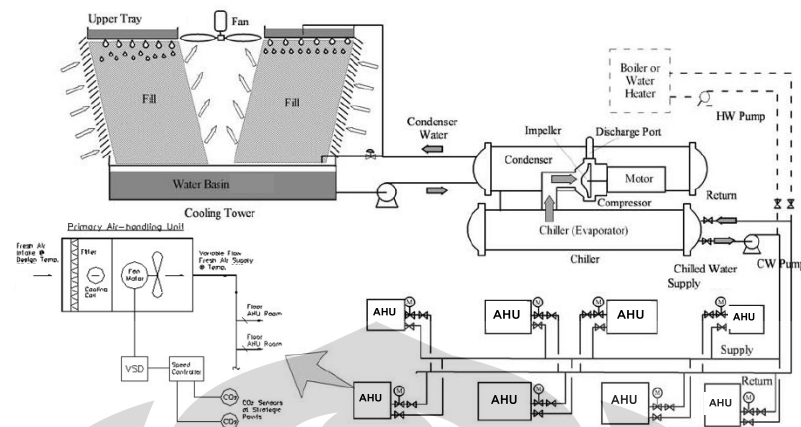
Dikarenakan beban pendinginan yang besar dimana sebagian besar ruangan menggunakan udara terkondisikan maka mesin pendingin yang digunakan adalah water chiller. Pada chiller ini efek pendinginan yang terjadi di evaporator dimanfaatkan untuk mendinginkan air. Air dingin tersebut kemudian didistribusikan ke seluruh unit pengolahan udara (AHU dan FCU)

Pada studi kasus ini digunakan AC Indirect sistem, menggunakan 2 buah Chiller yaitu Carrier dan Mitsubishi Centrifugal Chiller. Kedua tipe chiller ini menggunakan sistem Water Cooled, yaitu pendinginan dengan menggunakan air.



Gambar 2.2 Skema Chiller Carrier 19XL (1)

Proses pada mesin Chiller jika digambarkan dengan sederhana seperti gambar yang ditunjukkan dibawah.



Gambar 2.3 Skema Chiller dengan menggunakan water cooled (3)

Terdapat 4 komponen penting pada sistem refrigerasi di chiller, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Kompresor berfungsi untuk mengompres/memampatkan refrigerant menjadi refrigerant bertekanan tinggi dan ber-fasa superheat gas kemudian refrigerant didinginkan oleh kondensor dengan bantuan air dari cooling tower sehingga fasanya berubah menjadi cair, katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan dan mengendalikan aliran masuk evaporator. Pada evaporator terjadi proses menguap refrigeran dari cair menjadi gas, disini pula terjadi proses pendinginan fluida yang kita inginkan dalam hal ini adalah air. Air yang telah didinginkan oleh evaporator digunakan untuk mendinginkan ruangan-ruangan pada gedung.

Siklus refrigerasi ditunjukkan di atas dapat dibagi menjadi tahapan-tahapan berikut:

Cairan refrigeran dalam evaporator menyerap panas dari air pendingin (chilled water). Selama proses ini refrigerant merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran evaporator gas ini diberi pemanasan berlebih/ superheated gas.

Gas yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigerant.

Superheated gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi menurunkan panas superheated

gas sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan. Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan air dari cooling tower. Penurunan suhu lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan, sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.

Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju

Pada sistem chiller water cooled, ada beberapa parameter yang bias menunjukkan kinerja dari sistem tersebut.

- TR (Ton Refrigerant), efek pendingin.

$$TR = m \times C_p \times (T_i - T_o)$$

Dimana:

m laju aliran masa dari refrigerant(kg/s)

C_p kalor spesifik(kJ /kg .°C)

T_i temperatur masuk refrigerant di evaporator (°C)

T_o temperatur keluar refrigerant di evaporator (°C)

- Teori Coefficient of Performance (Carnot), (COP_{Carnot} , pengukuran efisiensi sistem refrigerasi untuk sistem refrigerasi ideal). COP_{Carnot} dipengaruhi oleh dua pengukuran temperatur yaitu temperatur di evaporator (T_e) dan temperatur di condenser (T_c).

$$COP_{Carnot} = T_e / (T_c - T_e)$$

COP_{Carnot} hanya perbandingan dari temperatur dan tidak memperhitungkan komponen lain dari sistem refrigerasi. Secara aktual COP dapat didefinisikan sebagai perbandingan dari efek pendinginan yang terjadi di evaporator dengan daya listrik pada kompresor.

$$COP = \text{efek pendinginan (kW)}/\text{daya kompresor (kW)}$$

2.3.3 Air Handling Unit

Untuk mendistribusikan udara yang terkondisikan ke dalam ruangan digunakan unit pengolah udara yaitu Air Handling Unit (AHU). AHU diaplikasikan pada beban pendinginan yang besar, dalam sistem ini AHU digunakan untuk mengkondisikan *fresh air* (udara segar) dari udara luar yang akan didistribusikan sebagai tambahan udara segar.

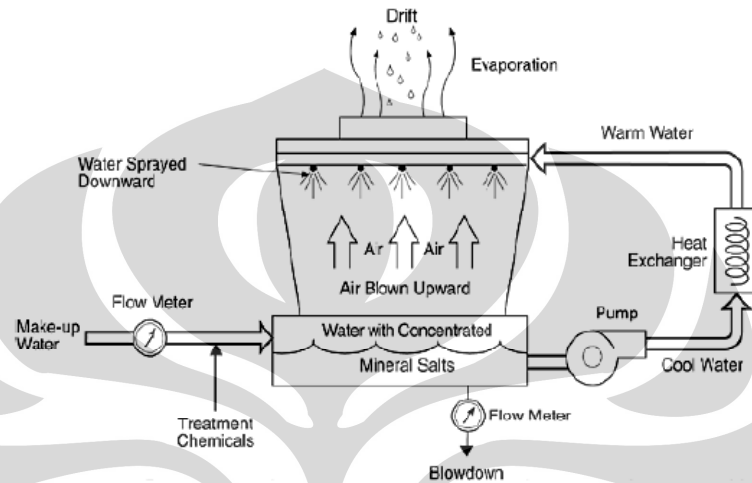
Komponen – komponen dari AHU maupun sebenarnya cukup sederhana yang terdiri dari : Casing, Koil, Filter Udara dan Motor Blower. Jika kita perhatikan komponen-komponen apa saja yang ada di dalamnya maka setiap AHU akan memiliki:

- Filter merupakan penyaring udara dari kotoran, debu, atau partikel-partikel lainnya sehingga diharapkan udara yang dihasilkan lebih bersih. Filter ini dibedakan berdasarkan kelas-kelasnya.
- Centrifugal fan merupakan kipas/blower sentrifugal yang berfungsi untuk mendistribusikan udara melewati ducting menuju ruangan-ruangan.
- Koil pendingin, merupakan komponen yang berfungsi menurunkan temperatur udara. Prinsip kerja secara sederhana pada unit penanganan udara ini adalah menyedot udara dari ruangan (return air) yang kemudian dicampur dengan udara segar dari lingkungan (fresh air) dengan komposisi yang bisa diubah-ubah sesuai keinginan. Campuran udara tersebut masuk menuju AHU melewati filter, fan sentrifugal dan koil pendingin.

2.3.4 Cooling Tower

Unit ini berfungsi sebagai pendingin unit condenser pada unit Chiller dengan media yang digunakan adalah air, sistem kerja Cooling Tower dapat dijelaskan sebagai berikut : condenser di unit Chiller akan memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi akibat tekanan kerja dari Kompresor, sehingga diperlukan media pendingin untuk merubah fase refrigerant di condenser tersebut, untuk itu dibuat suatu sistem pendinginan dengan

menggunakan media air yang disirkulasikan oleh pompa ke unit Cooling Tower, dimana air yang disirkulasikan tersebut akan membawa kalor dari condenser untuk kemudian di lepaskan kalornya ke udara di Cooling Tower, sehingga air akan mengalami penurunan temperatur dan kembali disirkulasikan kembali ke unit condenser.



Gambar 2.4 Skema Cooling Tower (2)

Untuk melihat kinerja dari cooling tower, harus dilakukan pengukuran pada beberapa parameter di cooling tower:

- Temperatur wet bulb
- Temperatur dry bulb
- Temperatur air Inlet Cooling Tower
- Temperatur air outlet Cooling Tower
- Temperatur Exhaust
- Daya pompa

Dari pengukuran parameter diatas, maka kita dapat menghitung kinerja dari cooling tower.

a. **Range (CT range)** adalah perbedaan antara perbedaan antara air masuk cooling tower dengan air keluar cooling tower. Jika nilai *CT range* besar, maka cooling tower dapat mengurangi temperatur air secara efektif.

$$CT\ range\ (^{\circ}C) = [CW\ inlet\ Temp\ (^{\circ}C) - CW\ outlet\ temp\ (^{\circ}C)]$$

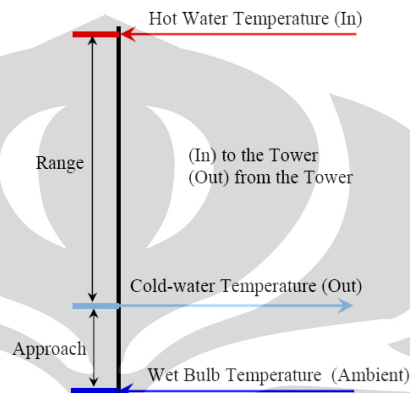
Dimana:

CT = Cooling Tower

CW = Cooling Water

- b. Approach** adalah perbedaan antara temperatur keluar cooling tower dengan wet bulb temperatur udara sekitar. Semakin kecil nilai approach maka semakin bagus kinerja dari cooling tower.

$$\text{CT Approach (}^{\circ}\text{C)} = [\text{CW outlet temp (}^{\circ}\text{C)} - \text{Wet bulb temp (}^{\circ}\text{C)}]$$



Gambar 2.5 CT range dan CT approach dari Cooling Tower (2)

- c. Effectiveness** adalah perbandingan antara cooling water inlet temperatur dan temperatur wet bulb lingkungan. Semakin besar ratio maka semakin bagus kinerja dari cooling tower.

$$\text{CT effectiveness (\%)} = 100 \times (\text{CW temp} - \text{CW out temp}) / (\text{CW in temp} - \text{WB temp})$$

CT effectiveness dapat juga di rumuskan sebagai berikut:

$$\text{CT effectiveness (\%)} = \text{Range} / (\text{Range} + \text{Approach})$$

2.4 Sistem Pencahayaan

Pada suatu bangunan komersial, penggunaan energi pencahayaan sangat bervariasi dengan kisaran 10 – 30% dari total penggunaan energi listrik. Meskipun bukan pengguna energi terbesar namun penghematan energi pada sistem pencahayaan memberikan kontribusi yang cukup berarti dalam penghematan energi. Sistem ini terbagi dua kelompok besar yaitu, cahaya buatan dan cahaya alami.

Dalam perancangan suatu gedung, pemanfaatan cahaya alami sangat bermanfaat khususnya dalam upaya penghematan sumber cahaya buatan khususnya bangunan-bangunan yang beroperasi pada siang hari. Maka selain potensi cahaya alami tersebut yang harus dipertimbangkan, maka perancangan sistem pencahayaan buatan harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

- a. Tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan
- b. Daya pencahayaan maksimum yang diijinkan

Pengertian sistem penerangan pada bangunan adalah suatu bentuk instalasi penerangan yang disediakan untuk mendukung aktivitas kerja yang berlangsung normal pada bangunan tersebut. Sistem penerangan dengan instalasi penerangan yang memenuhi kebutuhan suatu aktivitas kerja, ditetapkan setelah kondisi aktivitas kerja dan kondisi teknis fisik yang tersedia di dalam ruangan/bangunan.

2.4.1 Perhitungan Daya Listrik Untuk Penerangan

Perhitungan pemakaian daya listrik untuk penerangan dapat dilakukan dengan perhitungan langsung pada jumlah lampu yang terpasang, menurut jenis lampu yang dipergunakan, sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh produsen. Untuk jenis lampu pijar, daya terpakai sesuai dengan daya yang tertulis. Sedangkan untuk jenis lampu fluoresen daya yang dipergunakan lebih besar dari daya yang tertulis, disebabkan pemakaian ballast. Untuk itu pada jenis lampu fluoresen perhitungan daya semuanya harus dibagi dengan faktor daya dari lampu tersebut, dan secara matematis perhitungan daya listrik pemakaian adalah sebagai berikut:

$$P = VI \cos \phi$$

Dimana:

P = daya pemakaian (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

Cos ϕ = faktor daya

Perhitungan daya listrik yang disediakan oleh PLN

$$S = VI$$

S = daya semu

2.4.2 Tingkat Pencahayaan

Kuantitas cahaya yang dihasilkan dari sistem penerangan dapat dihitung dengan metode titik demi titik dan metode lumen. Dengan perhitungan metode lumen hasil yang diperoleh adalah perhitungan berdasarkan standar kuat penerangan untuk ruangan secara umum tanpa memperhatikan efektivitas dari pemakaian penerangan tersebut. Sedangkan pada metode titik demi titik kita dapat lebih memfokuskan pemakaian penerangan buatan pada bidang kerja tanpa mengurangi standar penerangan yang berlaku, sehingga tidak mengurangi kenyamanan pemakaian penerangan buatan.

Pencahayaan yang baik adalah pencahayaan yang tingkat pencahayaannya sesuai dengan sifat pekerjaan yang harus dilakukan, panjang waktu kerja, umur penghuni dan lain-lain. Pengurangan tingkat pencahayaan pada tingkat minimum yang direkomendasikan merupakan salah satu peluang penghematan energi pada sistem pencahayaan.

Tabel 2.1 Tingkat Pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan (4)

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Perkantoran	
Ruang Direktur	350
Ruang Kerja	350
Ruang computer	350
Ruang Rapat	300
Ruang Gambar	750
Gudang Arsip	150
Ruang Arsip Aktif	300

2.4.3 Daya Pencahayaan

Daya maksimum yang diijinkan untuk pencahayaan di dalam ruangan/gedung per meter tidak boleh melebihi harga maksimum untuk masing-masing jenis ruangan.

Tabel 2.2 Daya Pencahayaan Maksimum (4)

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
Rastauran	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
Tempa parkir	2,0

2.4.4 Pemilihan Lampu

Hal yang perlu diperhatikan pada sebuah lampu adalah efikasi-nya yang dinyatakan dalam lumen/watt. Lumen adalah jumlah fuksi cahaya dari lampu, yang berkaitan dengan intensitas atau derajat keterangan (**brightness**) dari lampu tersebut. Dengan demikian efikasi adalah ukuran efektifitas lampu dalam mengubah energi listrik menjadi cahaya terpakai. Table di bawah menunjukkan perbandingan karakteristik beberapa jenis lampu yang bermanfaat baik untuk penerangan sistem pencahayaan baru maupun renovasi sistem pencahayaan lama.

Tabel 2.3 Perbandingan karakteristik lampu

	Lampuy incandescent	Lampu fluoresen	Lampu merkuri	lampu metal halida	Lampu sodium tekn. tinggi
Lumen per watt	6 - 23	25 - 84	30 - 63	68 - 125	77 - 140
Total lumen	44 - 33600	96 - 15000	1200 - 63000	1200 - 155000	5400 - 140000
Range daya (watt)	6 - 1500	4 - 215	40 - 1000	175 - 1500	70 - 1000
Umur rata-rata (jam)	750 - 8000	9000 - 20000	16000 - 24000	6000 - 15000	20000 - 24000
Biaya awal	Rendah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi
Biaya operasi	Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah	Rendah

Lampu yang tidak efisien dapat diganti dengan lampu lebih efisien untuk mengurangi pemakaian energi. Petunjuk pengantian lampu ditunjukkan pada table dibawah

Tabel 2.4 Penggantian Lampu

No	Lampu Terpasang	Penggunaan	Lampu Pengganti
1	Incandescent (40 W)	Indoor / Outdoor	9 W SL
2	Incandescent (2 x 20 W)	Indoor / Outdoor	36 – 40 W Fluoresen
3	Incandescent (100 W)	Indoor / Outdoor	36 – 40 W flrsn/25 W SL
4	Incandescent (200 W)	Indoor / Outdoor	2 x 36 – 40 W fluoesen
5	Incandescent (500 W)	Outdoor	50 – 70 W H P Sodium
6	Fluoesen (40 W)	Indoor / Outdoor	36 W Fluoesen
7	Merkuri (125 – 250 W)	Indoor	50 – 70 W H P Sodium
8	Merkuri (250 – 400 W)	Outdoor	70 – 150 W H P Sodium
9	Merkuri (250 – 400 W)	Street Lighting	60 – 90 W H P Sodium

a) Lampu Pijar (*incandescent lamps*)

Pada lampu pijar, cahaya (luminaires flux) dihasilkan melalui pemanasan listrik pada filament (kawat tungsten) sampai pada ketinggian temperatur tertentu dimana spectrum dapat diemisikan. Filamen ditempatkan dalam perlindungan kelembaman gas (inert gas) untuk meniadakan penguapan pada bahan filament, memperbesar “luminous efficiency” (efficacy) dan umur (life time) sebuah lampu pijar. Efikasi dan umur lampu sangat ditentukan oleh temperatur yang dikembangkan didalam filament. Semakin tinggi temperatur pada filament akan mengakibatkan peningkatan efikasi dan pemendekan umur lampu.

Dari table 2.3 terlihat bahwa jenis lampu incandesecent (termasuk lampu pijar) memiliki efikasi 6 – 23 lumen per watt, umur rata-rata (life time) antara 750 – 8000 jam dan biaya operasional tinggi. Khusus untuk lampu pijar, umur rata-rata tidak lebih dari 1000 jam nyala. Setelah diapakai sekian lama, fluks cahaya lampu pijar akan menurun dan tahanannya akan meningkat, sehingga arusnya akan berkurang. Selain itu bolanya akan menjadi hitam.

Meskipun jenis lampu ini harganya murah dalam instalasi maupun maintenance tetapi biaya operasinya tinggi dan efikasinya rendah

dibandingkan dengan jenis lampu lainnya. Dengan demikian penghematan energi listrik melalui sistem pencahayaan dapat dilakukan dengan membatasi pemakaian jenis lampu pijar dan memperbanyak lampu yang mempunyai efikasi tinggi.

b) Lampu Fluoresen

Lampu fluoresen menghasilkan cahaya dengan cara membuat bunga api listrik di antara dua buah elektroda dalam sebuah tabung gelas berisi uap air raksa pada tekanan rendah yang dicampur dengan gas mulia. Cahaya dihasilkan oleh lapisan fosfor pada bagian dalam gelas yang diaktifkan oleh energi ultra violet yang dihasilkan oleh pelepasan muatan (discharge). Lampu ini biasanya berbentuk tabung panjang dengan kedua elektroda ditempelkan pada kedua ujungnya. Komposisi fosfornya menentukan kualitas dan warna cahaya yang dipancarkan.

c) Lampu Merkuri

Cahaya dihasilkan dengan cara membuat pelepasan listrik diantara dua buah elektroda, kedua elektroda ini berjarak hanya beberapa inchi dan ditempatkan dalam tabungtertutup yang tembus cahaya serta berisi uap dari beberapa jenis metal. Tabung ini kemudian dimasukkan ke dalam sebuah bola lampu yang berisi gas mulia.

Untuk mempengaruhi pelepasan listrik melalui gas, dibutuhkan tegangan minimum tertentu, yakni tegangan pengapian. Setelah penyalaan, arus tersebut segera meningkat menjadi besar karena terjadi pelepasan electron secara bebas akibat proses ionisasi. Dengan demikian arus akan menjadi sangat berbahaya jika tidak ada tahanan yang cukup pada rangkaian lampu. Arus tersebut akan dibatasi oleh ballast sehingga terbentuk kondisi yang stabil dan aliran pelepasan listrik dapat terjadi secara terus-menerus dengan sendirinya.

Lampu merkuri ini berisi uap air raksa pada tekanan 2 hingga 10 bar. Pada temperatur ruangan air raksa berbentuk cair, sehingga untuk mempermudah penyalaan perlu ditambahkan sejumlah gas yang lebih mudah menguap.

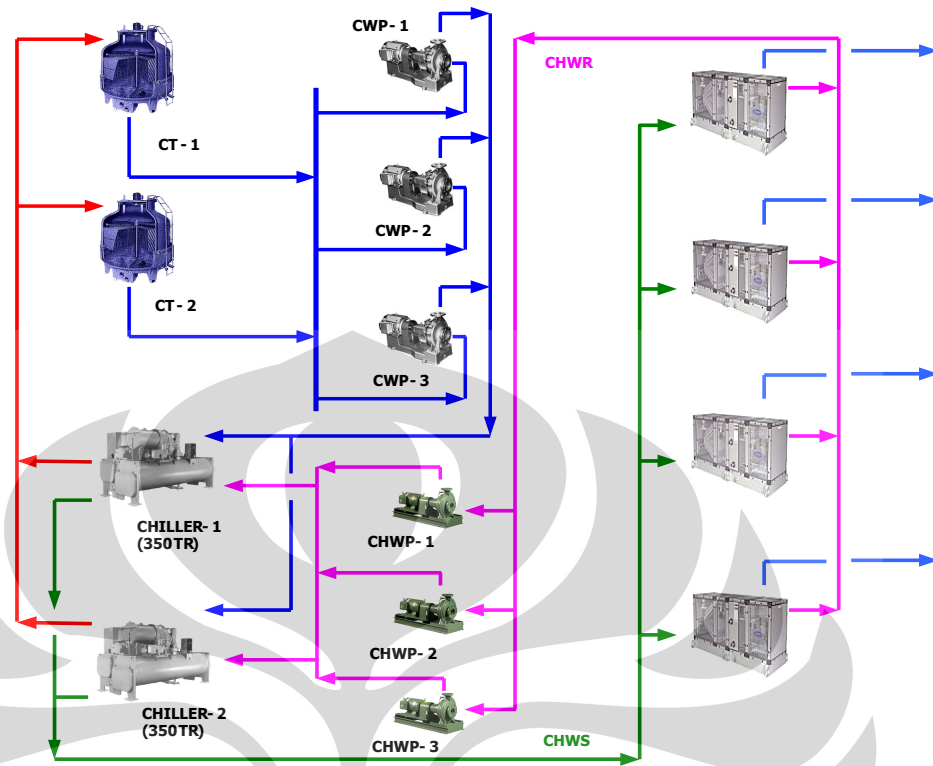
BAB III DATA DAN ANALISA

3.1 Sistem Mekanikal

Sistem mekanikal yang akan dibahas pada bab ini difokuskan pada sistem tata udara pada gedung. Gedung ini merupakan gedung perkantoran 15 lantai, untuk menyediakan temperatur yang nyaman bagi karyawan maka sistem tata udaranya menggunakan sistem udara sentral. Pada sistem tata udara (AC) sentral proses pendinginan udara terpusat pada satu lokasi yang kemudian didistribusikan ke semua arah atau lokasi. Instalasi pengkondisian udara ruangan yang digunakan dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu unit pendingin atau Chiller, Unit penanganan udara atau Air Handling Unit (AHU), dan Unit menara pendingin (Cooling Tower).

Pada studi kasus ini digunakan Centrifugal Water Cooled Chiller produk Mitsubishi (R 12, 1984) Kapasitas 315 TR. Dilengkapi dengan 3 (tiga) unit pompa chilled water dengan daya masing-masing 75 HP, 3 (tiga) unit pompa condenser water dengan daya masing-masing 60 HP, 2 (dua) unit cooling tower masing-masing berkapasitas 400 TR dan 24 (duapuluh empat) unit AHU (Air Handling Unit) produk Mitsubishi melayani lantai 1 sampai dengan 12 dan 3 (tiga) unit melayani lantai Lower Ground, Ground dan Mezzanine.

Kebutuhan air sejuk diperoleh dengan pengoperasian secara bersamaan 1 (satu) unit Chiller (Carrier atau Mitsubishi), 2 (dua) unit pompa chilled water, 2 (dua) unit pompa condenser water, dan 2 (dua) unit cooling tower. Kebutuhan kenyamanan termal gedung diperoleh dari udara segar yang didistribusikan oleh AHU melalui sistem saluran udara diatas plafond menuju tiap ruangan.



Gambar 3.1 Diagram Skematik Sistem Tata Udara

3.1.1 Chiller

Pada studi kasus ini digunakan sistem AC Indirect sistem, menggunakan 2 buah Chiller yaitu Carrier 19XL dan Mitsubishi Centrifugal Chiller. Kedua tipe chiller ini menggunakan sistem water cooled, yaitu pendinginan dengan menggunakan air. Pengukuran hanya dilakukan pada Carrier 19XL Chiller. Pada proses pembahasan akan dibantu dengan menggunakan software coolpack.

Tabel 3.1 Data Pengukuran Chiller tanggal 10 Juni 2008

	Unit	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Compressor Motor:									
Load	%	97.0	98.0	98.0	99.0	97.0	98.0	97.0	97.0
Current	%	97.0	98.0	98.0	99.0	97.0	98.0	97.0	97.0
Amps	Amps	375.0	380.0	375.0	382.0	371.0	375.0	372.0	371.0
Target Guide Vane Pos	%	23.6	24.3	22.3	23.6	24.6	26.3	26.3	24.6
Actual Guide Vane Pos	%	23.3	24.0	22.0	23.3	24.3	25.9	25.9	24.3
Water/Brine									
Setpoint	°C	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Control Point	°C	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Entering Chilled Water	°C	14.5	14.7	14.5	14.1	14.1	14.0	13.9	13.4
Leaving Chilled Water	°C	10.8	11.0	10.9	10.4	10.5	10.2	10.3	9.7
Entering Cond. Water	°C	29.0	28.9	28.9	29.0	29.8	28.5	29.1	28.7
Leaving Cond. Water	°C	34.0	33.9	33.8	34.0	34.6	33.5	34.1	33.6
Evaporator Refrig. Temp	°C	5.6	6.1	5.6	5.6	5.6	5.1	5.1	4.6
Evaporator Pressure	kPa	253.7	259.2	253.7	253.7	253.7	248.3	248.3	242.8
Cond. Refrig. Temp	°C	36.0	35.7	35.7	35.7	36.5	35.2	35.8	35.2
Cond. Pressure	kPa	801.0	795.5	795.5	795.5	812.0	784.6	801.1	784.6
Discharge Temp.	°C	45.7	45.6	45.7	45.5	46.1	45.1	45.6	45.0
Bearing Temp.	°C	60.6	60.6	60.9	60.3	60.6	59.8	60.0	59.7
Motor Winding Temp.	°C	71.4	69.3	70.5	71.4	71.0	68.4	68.1	70.2
Oil Sump Temp.	°C	61.5	61.5	61.7	61.4	61.3	60.9	60.8	60.6
Oil Pressure Transducer	kPa	464.7	461.7	456.3	450.8	450.8	445.3	450.8	439.8
Oil Pressure	kPa	201.8	202.5	202.5	202.5	197.0	196.9	202.4	201.9
Line Voltage									
Percent	%	102.0	103.0	104.0	104.0	104.0	104.0	105.0	106.0
Actual	volt	391.0	391.0	395.0	395.0	395.0	395.0	399.0	402.0
Total comp. starts		358.0	358.0	358.0	358.0	358.0	358.0	358.0	358.0
start in 12 hours		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	358.0
Comp. on time	hrs	19850.0	19851.0	19852.0	19853.0	19854.0	19855.0	19855.0	19856.0
Service on time	hrs	3051.0	3052.0	3053.0	3054.0	3055.0	3056.0	3057.0	3058.0
Comp motor	kW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pressure chilled Water									
In	kg/cm ²	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Out	kg/cm ²	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Pressure cond. Water									
In	kg/cm ²	7.8	8.0	7.8	7.8	7.8	8.0	7.8	7.8
Out	kg/cm ²	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Chilled Hot Water Pump									
Out	MPa	0.25	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Tabel 3.2 Data Pengukuran Chiller tanggal 11 Juni 2008

	Unit	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Compressor Motor:									
Load	%	93.0	100.0	105.0	100.0	97.0	100.0	0.0	OFF

Current	%	93.0	100.0	105.0	100.0	97.0	100.0	0.0	OFF
Amps	Amps	359.0	385.0	405.0	385.0	374.0	384.0	0.0	OFF
Target Guide Vane Pos	%	23.0	21.0	14.8	23.3	22.0	20.7	0.0	OFF
Actual Guide Vane Pos	%	22.6	20.0	11.8	23.0	21.7	18.4	0.0	OFF
Water/Brine									OFF
Setpoint	°C	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	OFF
Control Point	°C	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	OFF
Entering Chilled Water	°C	14.5	14.3	14.3	14.3	13.8	13.7	16.0	OFF
Leaving Chilled Water	°C	10.8	10.8	11.0	10.9	10.1	10.4	16.2	OFF
Entering Cond. Water	°C	28.4	28.7	28.9	29.1	29.0	29.1	28.2	OFF
Leaving Cond. Water	°C	33.5	33.3	33.3	33.4	34.0	33.5	28.3	OFF
Evaporator Refrig. Temp	°C	5.9	5.9	6.6	6.6	4.9	5.6	13.5	OFF
Evaporator Pressure	kPa	257.4	257.4	259.2	264.7	246.5	253.7	357.8	OFF
Cond. Refrig. Temp	°C	34.6	34.6	34.7	34.6	35.7	35.0	15.6	OFF
Cond. Pressure	kPa	759.3	770.2	773.6	784.6	795.5	779.1	396.0	OFF
Discharge Temp.	°C	44.8	44.9	45.1	45.3	45.5	45.2	38.9	OFF
Bearing Temp.	°C	60.3	60.3	60.3	60.3	60.4	60.4	54.5	OFF
Motor Winding Temp.	°C	64.9	67.6	66.6	65.1	70.7	68.0	56.4	OFF
Oil Sump Temp.	°C	61.3	61.1	61.0	61.2	61.2	61.3	56.4	OFF
Oil Pressure Transducer	kPa	464.7	464.7	464.7	467.1	450.8	450.8	379.7	OFF
Oil Pressure	kPa	201.8	207.3	197.0	207.9	202.4	202.4	16.5	OFF
Line Voltage									OFF
Percent	%	102.0	102.0	103.0	102.0	103.0	102.0	102.0	OFF
Actual	volt	383.0	387.0	397.0	387.0	391.0	387.0	387.0	OFF
Total comp. starts		359.0	359.0	359.0	359.0	359.0	359.0	359.0	OFF
start in 12 hours		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	OFF
Comp. on time	hrs	19860.0	19861.0	19862.0	19863.0	19864.0	19865.0	19866.0	OFF
Service on time	hrs	3062.0	3063.0	3064.0	3065.0	3066.0	3067.0	3068.0	OFF
Comp motor	kW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	OFF
Pressure chilled Water									OFF
In	kg/cm ²	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	OFF
Out	kg/cm ²	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	OFF
Pressure cond. Water									OFF
In	kg/cm ²	8.0	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	OFF
Out	kg/cm ²	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	OFF
Chilled Hot Water Pump									OFF
Out	MPa	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	OFF

Dibawah ini adalah tabel pengukuran profil beban pada chiller.

Tabel 3.3 Profil Beban Chiller

Waktu	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
10-06-08	0	349.9	354.5	349.9	356.4	346.2	349.9	347.1	346.2
11-06-08	335.0	359.2	377.9	359.2	349.0	358.3			
Rata-Rata	335.0	354.5	366.2	354.5	352.7	352.2	349.9	347.1	346.2

3.1.2 Chilled Water Pump

Pompa sirkulasi air dingin (Chilled Water Pump) berfungsi mensirkulasikan air dingin dari Chiller ke koil pendingin AHU. Pompa chilled water yang tersedia sebanyak 3 buah, tetapi ketika chiller beroperasi hanya dua pompa yang bekerja dengan daya masing-masing 75 HP.

3.1.3 Condensor Water Pump

Pompa yang berfungsi untuk mendinginkan refrigerant pada sisi condenser dengan menggunakan fluida air, air yang berfungsi untuk mendinginkan disimpan dalam cooling tower. Pompa kondensor yang tersedia sebanyak 3 buah, tetapi ketika chiller beroperasi hanya dua pompa yang bekerja dengan daya masing-masing 60 HP.

3.1.4 Air Handling Unit

Air Handling Unit difokuskan untuk menangani kapasitas pendinginan yang lebih besar, dalam sistim ini AHU di gunakan untuk mengkondisikan *fresh air* (udara segar) dari udara luar yang akan di distribusikan sebagai tambahan udara segar.

Tabel 3.4 Data Pengukuran Ruang AHU

AHU	Amp	Volt	kW
Lantai 1	14.33	380	9.43
Lantai 2	16.83	380	11.08
Lantai 3	16.73	380	11.01
Lantai 4	16.47	380	10.84
Lantai 5	16.90	380	11.12
Lantai 6	8.20	380	5.40
Lantai 7	17.00	380	11.19
Lantai 8	18.20	380	11.98

Lantai 9	17.20	380	11.32
Lantai 10	17.20	380	11.32
Lantai 11	19.40	380	12.77
Lantai 12	16.10	380	10.60
Lantai Ground	3.83	380	2.52
Lantai MZ	17.00	380	11.19
Lantai Base	4.13	380	2.72
Total			144.49
Rata-rata (kW)			9.63

Tabel 3.5 Temperatur air masuk dan air keluar

Temp.(°C)	LG	G	MZ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T _{w in}	14.1	15	15	15	15	16	14	13	13	13	13	13	14	13	13.8
T _{w out}	16.7	17	16	17	17	17	16	16	16	15.5	15	17	17	16	16.5
Delta Tw	2.6	2	1	2.2	1.7	1	1.7	2.6	2.7	2.5	2.3	4	2.7	2.4	2.7

3.1.5 Cooling Tower

Unit ini berfungsi sebagai pendingin unit condenser pada unit Chiller dengan media yang digunakan adalah air, dimana sistem kerja cooling tower dapat dijelaskan sebagai berikut; condenser di unit Chiller akan memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi akibat tekanan kerja dari kompresor, sehingga diperlukan media pendingin untuk merubah fase refrigerant di condenser tersebut, untuk itu dibuat suatu sistem pendinginan dengan menggunakan media air yang disirkulasikan oleh pompa ke unit cooling tower, dimana air yang disirkulasikan tersebut akan membawa kalor dari condenser untuk kemudian di lepaskan kalornya ke udara di Cooling Tower, sehingga air akan mengalami penurunan temperatur dan kembali disirkulasikan kembali ke unit condenser.

Tabel 3.6 Data Pengukuran Cooling Tower 1

TIME	COOLING TOWER 1									POMPA (kg/ cm ²)
	ENVIRONMENT			AIR		PIPE		INSIDE		
	DB	WB	RH	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{out}	
9.14	30	22	47.2	-	-	28	25.9	-	-	5
13.38	35.8	25.7	45.1	-	-	31.1	28.2	25	28	5
14.43	32.9	25.4	54.1	33	31.1	27.4	25.4	28.1	29.9	5
14.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
TIME	COOLING TOWER 2									POMPA (kg/ cm ²)
	ENVIRONMENT			AIR		PIPE		INSIDE		
	DB	WB	RH	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{out}	
9.14	30.4	22	49.2	-	-	27.7	25.2	-	-	5.5

13.38	34	25	52.1	-	-	30.4	27.4	26.4	28.7	5.5
14.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5
14.52	35.9	25.1	44.4	35.9	30.8	28.2	26.7	28.1	28.8	5.5

3.1.6 Kenyamanan Ruang

Tujuan sistem tata udara adalah untuk mendapatkan kenyamanan bagi penghuni yang berada didalam ruangan. Kondisi udara yang dirasakan nyaman oleh tubuh manusia adalah berkisar antara;

Suhu dan kelembaban : 20,50⁰C hingga 27,10⁰C, 40% hingga 60%

Dari hasil pengukuran di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3.7 Data Pengukuran Temperatur Ruang

Ruangan	LG	G	MZ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t _{DB} (°C)	30	26	27	25	25	25	25	24	24	25	24	27	24	24	25
t _{WB} (°C)	23		20	18	17	18	18	18	17	17	18	19	17	17	18
RH (%)	54	48	56	50	55	55	54	55	50	54	53	56	55	57	55

3.2 Sistem Elektrikal

3.2.1 Sumber Daya Listrik

Kebutuhan energi listrik pada gedung perkantoran adalah sangat penting, energi listrik digunakan untuk menunjang semua pekerjaan perkantoran. Sumber listrik yang digunakan berasal dari PLN tegangan menengah 20 kV dengan tariff daya B3/2.180 kVA sebagai sumber listrik utama dan genset sebagai sumber listrik cadangan.

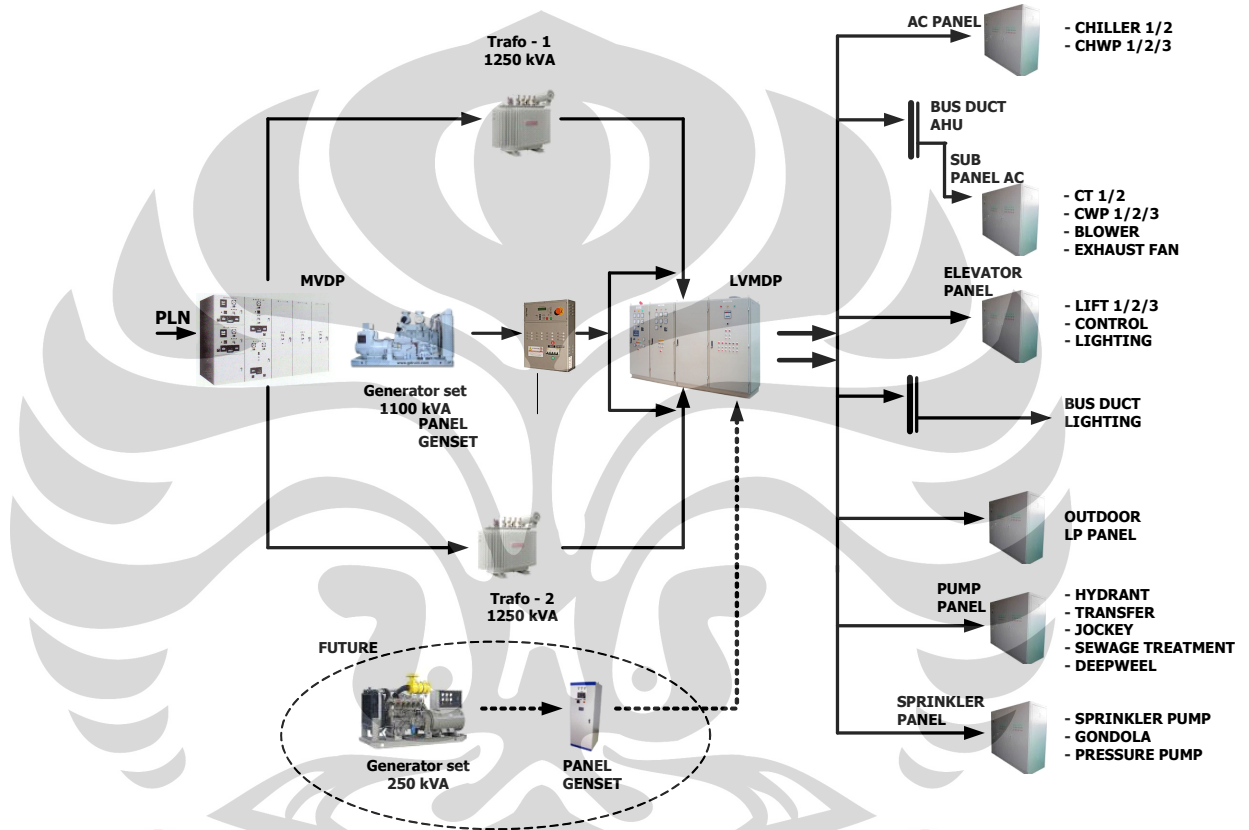
Gedung ini mempunyai beban daya 2.200 kVA. Gedung tersebut menggunakan 1 unit generator set sebagai sumber listrik cadangan yang mempunyai kapasitas daya 1.100 kVA, Sedangkan Trafo yang digunakan sebanyak dua buah, masing-masing mempunyai kapasitas sebesar 1.250 kVA.

3.2.2 Sistem Distribusi Listrik

Sumber daya listrik dari PLN (Cubicle TM 20 kV) disalurkan ke Trafo-1 (1.250 kVA, 20 kV, 220V/380V/50Hz/3 ph) dan Trafo-2 (1.250 kVA, 20 kV,

220 V/380 V/3 ph) menuju Panel Tegangan Rendah (Low Voltage Main Distribution Panel - LVMDP). Trafo-1 bekerja untuk kondisi beban normal sedangkan Trafo-2 untuk kondisi emergency.

Dari LVMDP kemudian didistribusikan ke panel-panel Chiller, CWHP, Pompa Hidran dan Pompa Air Bersih, panel-panel AHU, Penerangan tiap lantai, Lift, Sprinkler, Cooling Tower dan Condenser Water Pump.



Gambar 3.2 Diagram Satu Garis Sistem Distribusi Listrik

3.2.3 Konsumsi Energi Listrik

Dibawah ini adalah tabel konsumsi energi listrik untuk gedung perkantoran sesuai dengan hasil pengukuran pada audit awal.

Tabel 3.8 Konsumsi Energi Listrik

Ruangan	Pencahayaan	Peralatan Listrik	Sistem Tata udara	Peralatan STU
Low Ground	2,112	4,000	378,562	Chiller
Lantai Dasar	7,683	67,900	97,000	CHWP
Lantai Mezzanine	4,968	16,300	103,000	CWP
Lantai 1	13,476	54,750	144,490	AHU
Lantai 2	14,498	24,800		
Lantai 3	18,644	17,650		
Lantai 4	9,550	17,700		
Lantai 5	12,916	15,900		
Lantai 6	5,638	9,000		
Lantai 7	12,280	20,000		
Lantai 8	11,196	30,150		
Lantai 9	21,606	41,400		
Lantai 10	9,840	18,400		
Lantai 11	15,568	2,850		
Lantai 12	5,304	29,850		
Total (Watt)	165,279	370,650	723,052	

3.2.4 Sistem Pencahayaan

Dibawah ini pengukuran pada sistem pencahayaan pada gedung perkantoran di Jakarta Selatan.

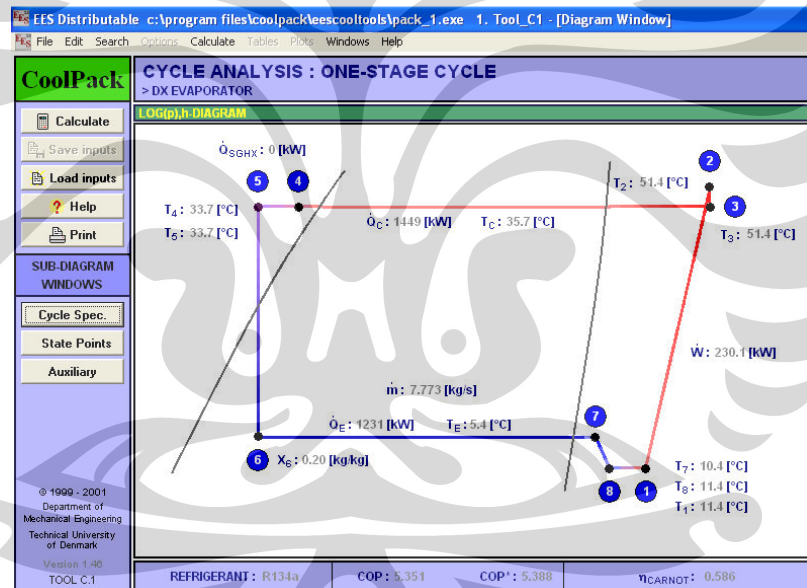
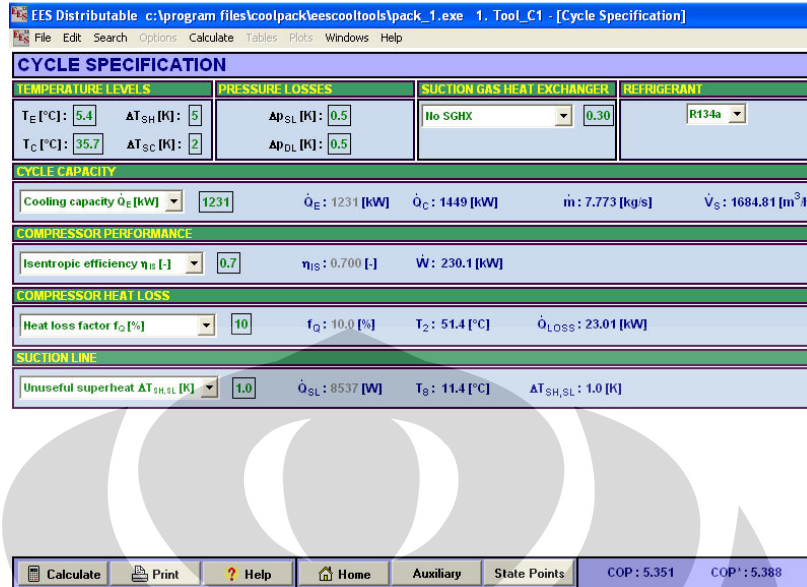
Tabel 3.9 Data Pengukuran Sistem Pencahayaan

Ruangan	Pencahayaan (Watt)	Watt/m ²	Lux/m ²	Lux rata-rata
Low Ground	2,112	5.27	32.83	194
Lantai Dasar	7,683	14.52	63.05	227
Lantai Mezzanine	4,968	13.05	69.26	145
Lantai 1	13,476	35.12	57.42	273
Lantai 2	14,498	16.97	51.49	291
Lantai 3	18,644	55.65	26.79	209
Lantai 4	9,550	13.58	42.11	235
Lantai 5	12,916	16.48	43.80	286
Lantai 6	5,638	12.66	40.58	273
Lantai 7	12,280	15.85	45.15	307
Lantai 8	11,196	25.44	72.67	266
Lantai 9	21,606	27.44	68.58	421
Lantai 10	9,840	16.44	67.36	372
Lantai 11	15,568	17.75	51.80	201
Lantai 12	5,304	7.01	71.98	403

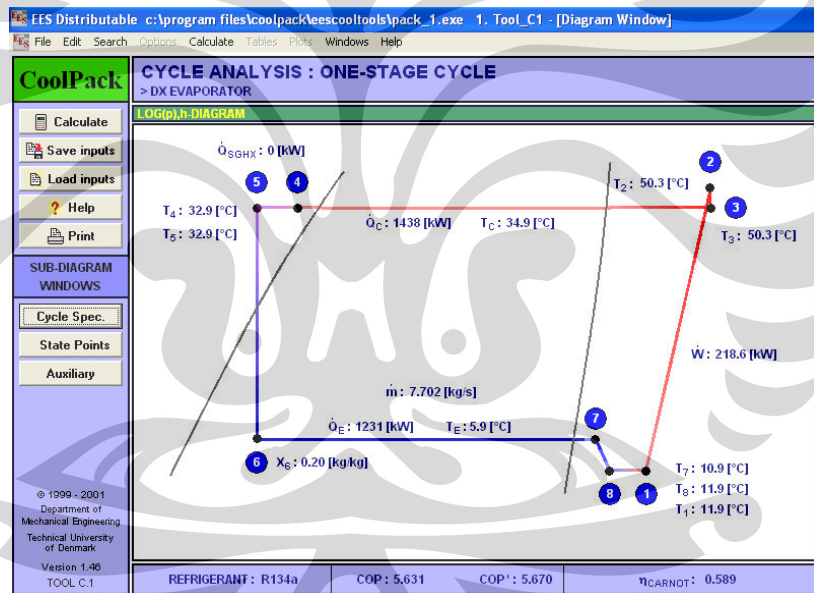
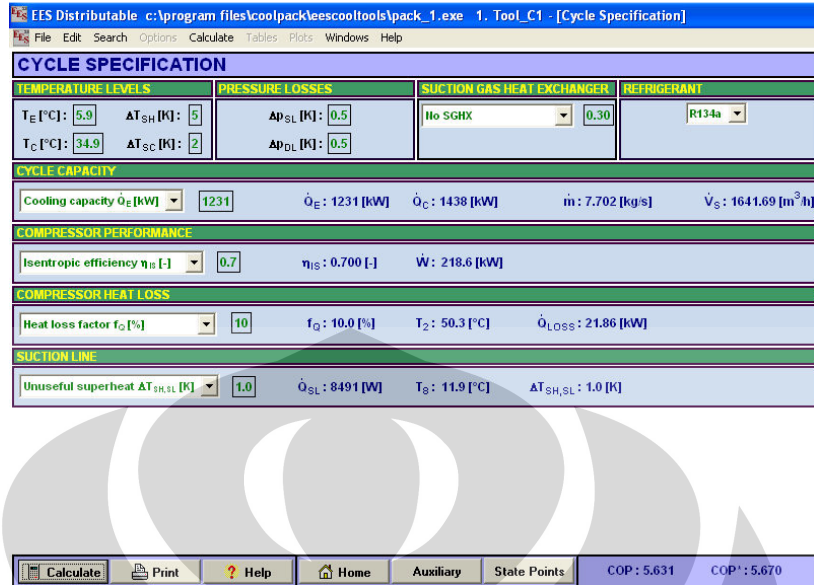
3.3 Analisa Sistem Mekanikal

3.3.1 Chiller

Sebagian besar kebutuhan pengkondisian udara dilayani oleh sistem AC sentral dengan menggunakan Centrifugal Chiller, sistem water cooled. Hasil dengan mempergunakan software coolpack.



Gambar 3.3 Diagram p-h Chiller tanggal 10 Juni 2008



Gambar 3.4 Diagram p-h Chiller tanggal 11 Juni 2008

Tabel 3.10 Data Chiller

Satuan	1	2	Rata-rata	Std
--------	---	---	-----------	-----

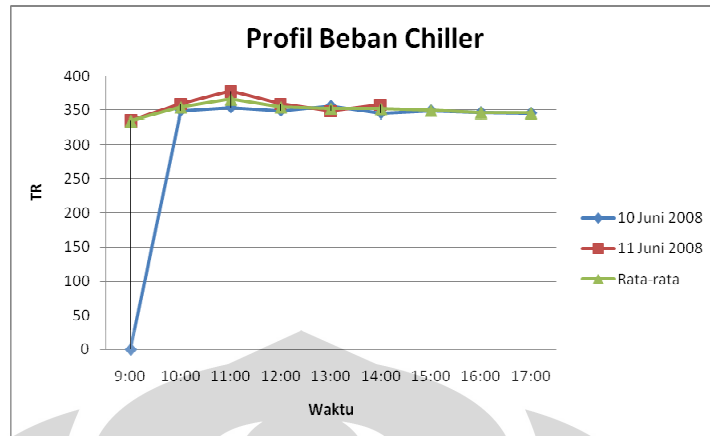
Model : 19 XL- 4141 453 CL					
Refrigerant : HFC 134a					
Daya Kompresor (running)	kWe	235	239	237	-
Load	%	97.6	99.2	98.4	100
Current	Amp	375.1	382.0	378.5	374
Load	TR	350	350	350	350
	kWt	1231	1231	1231	1231
Suhu refrigerant di Cooler	°C	5.4	5.9	5.7	5.56
Suhu refrigerant di Condenser	°C	35.7	34.9	35.3	36.1
Suhu refrigerant keluar Kompresor	°C	45.5	45.1	45.3	-
Suhu air masuk Cooler	°C	14.2	14.4	14.3	12.2
Suhu air keluar Cooler	°C	10.5	11.5	11	6.67
Suhu air masuk Condenser	°C	28.9	28.8	28.9	29.4
Suhu air keluar Condenser	°C	33.9	32.8	33.4	35.0
Laju alir massa	kg/s	7.7	7.7	7.7	
Dari software CoolPack					
Qe (Kapasitas Cooler)	kWt	1231	1231	1231	-
Qc (Kapasitas Condenser)	kWt	1449	1438	1443.5	-
COP	-	5.351	5.631	5.491	6.10
Daya Kompresor	kWe	230.1	218.6	224.35	-
kW/TR	-	0.66	0.62	0.64	0.56-0.58

ARI Standard 550/590

kW/TR = 0.56 – 0.58

Dari perhitungan di atas, kW/TR rata-rata adalah 0,64. Maka sistem chiller yang digunakan termasuk boros. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa untuk Peluang Penghematan Energi (PHE) lebih lanjut.

Dibawah ini merupakan grafik profil beban chiller. Pada grafik tersebut *range* beban chiller berkisar antara 0 sampai 377,9 TR, nilai 0 pada grafik tersebut adalah nilai pada saat chiller *off* atau belum dihidupkan. Dari grafik dapat dilihat terjadi peningkatan beban chiller mencapai 377,9 TR pada pukul 11:00 WIB. Pada pukul sebelas adalah pada saat hari sedang panas, itu menyebabkan peningkatan pada beban pendinginan yang mengakibatkan peningkatan pada beban chiller.



Gambar 3.5 Grafik Profil Beban Chiller

3.3.2 Chilled Water Pump

Asumsi efisiensi Pompa 80%

Asumsi tinggi gedung 60 meter

Perhitungan laju aliran massa untuk chilled water

$$Q_e = Q_{CHW}$$

$$Q_e (kW) = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta t (kW)$$

$$\dot{m} = \frac{Q_e}{C_p \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{1231 kW}{4.18 kJ/kg \cdot ^\circ C \cdot (14.3 - 11) ^\circ C}$$

$$\dot{m} = 89.24 kg/s$$

Efisiensi Chilled Water Pump

$$W = \dot{m} \cdot g \cdot H \cdot \eta$$

$$W = 89.24 kg/s \cdot 9.18 m/s^2 \cdot 60m \cdot 0.8$$

W = 39,322 Watt ~ 39 kW (perhitungan teoritis)

Daya pengukuran aktual untuk chilled water pump adalah 48.5 kW

3.3.3 Condensor Water

Asumsi efisiensi Pompa 80%

Asumsi tinggi gedung 60 meter

Perhitungan laju aliran massa untuk chilled water

$$Q_e = Q_{CHW}$$

$$Q_e (kW) = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta t (kW)$$

$$\dot{m} = \frac{Q_e}{C_p \cdot \Delta t}$$

$$\dot{m} = \frac{1231 kW}{4.18 kJ/kg \cdot ^\circ C \cdot (33.4 - 28.9) ^\circ C}$$

$$\dot{m} = 65.44 kg/s$$

Efisiensi Chilled Water Pump

$$W = \dot{m} \cdot g \cdot H \cdot \eta$$

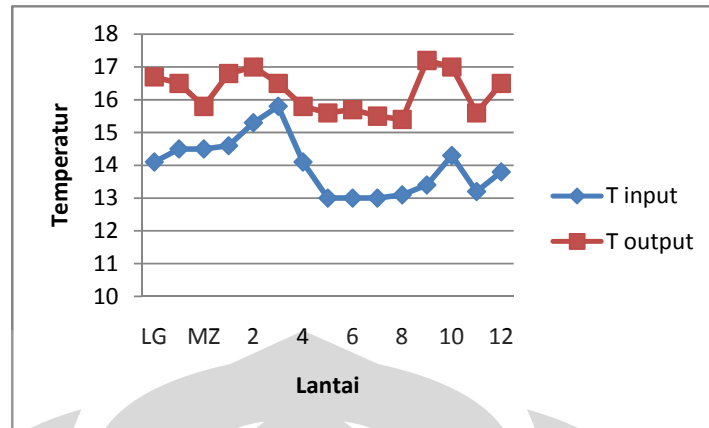
$$W = 65.44 kg/s \cdot 9.18 m/s^2 \cdot 60m \cdot 0.8$$

W = 28,835 Watt ~ 29 kW (perhitungan teoritis)

Daya pengukuran aktual untuk condensor water pump adalah 51.5 kW

3.3.4 Air Handling Unit

Pada pengukuran pemakaian energi listrik untuk AHU didapatkan rata-rata sebesar 9.6 kW/lantai, pada name plate pemakaian per lantai adalah 7.5 kW/lantai. Pemakaian energi listrik pada AHU masih lebih boros, oleh karena itu perlu dilakukan Peluang Penghematan Energi (PHE) pada AHU.



Gambar 3.6 Grafik temperatur air sejuk masuk-keluar AHU

Temperatur air sejuk (input) di AHU terendah yaitu pada suhu 13°C terdapat di 4 lantai, sedangkan temperatur air sejuk 15,8°C terdapat di lantai 3. Temperature air sejuk (input) inilah yang digunakan untuk mendinginkan udara yang digunakan untuk mendinginkan ruangan. Temperatur air sejuk (output) di AHU terendah yaitu pada suhu 15,4°C terdapat di lantai 8, sedangkan temperatur air sejuk 17,2°C terdapat di lantai 9. Perbedaan temperature paling kecil adalah 0,7 yaitu pada lantai 3, hal ini disebabkan karena udara yang masuk pada AHU temperaturnya tidak begitu panas sehingga menyebabkan tidak membutuhkan energi yang besar untuk perpindahan kalornya. Sedangkan hal sebaliknya terjadi pada lantai 6, perbedaan temperature air masuk dan keluar AHU adalah 2,7.

3.3.5 Cooling Tower

- **Cooling Tower 1**

Range (CT range)

$$\text{CT range (}^{\circ}\text{C)} = [\text{CW inlet Temp (}^{\circ}\text{C)} - \text{CW outlet temp (}^{\circ}\text{C)}]$$

$$\text{CT range (}^{\circ}\text{C)} = 28,8^{\circ}\text{C} - 26,5^{\circ}\text{C}$$

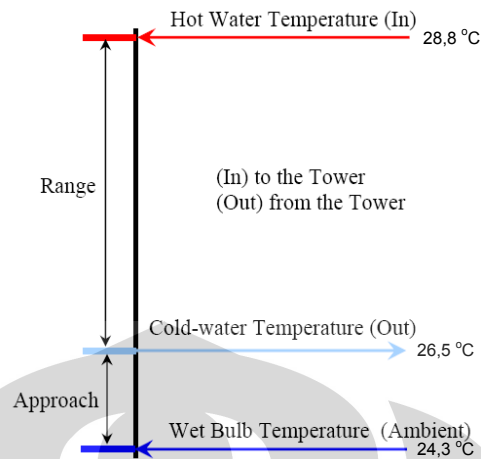
$$\text{CT range (}^{\circ}\text{C)} = 2,3^{\circ}\text{C}$$

Approach

$$\text{CT Approach (}^{\circ}\text{C)} = [\text{CW outlet temp (}^{\circ}\text{C)} - \text{Wet bulb temp (}^{\circ}\text{C)}]$$

$$\text{CT Approach (}^{\circ}\text{C)} = 26,5^{\circ}\text{C} - 24,3^{\circ}\text{C}$$

$$\text{CT Approach (}^{\circ}\text{C)} = 2,2^{\circ}\text{C}$$



Gambar 3.7 Range dan Approach Cooling Tower 1

Effectiveness

$$\text{CT effectiveness (\%)} = 100 \times (\text{CW in temp} - \text{CW out temp}) / (\text{CW in temp} - \text{WB temp})$$

$$\text{CT effectiveness (\%)} = 100 \times (28,8 - 26,5) / (28,8 - 24,3)$$

$$\text{CT effectiveness (\%)} = \mathbf{51,1\%}$$

- *Cooling Tower 2*

Range (CT range)

$$\text{CT range (}^\circ\text{C)} = [\text{CW inlet Temp (}^\circ\text{C)} - \text{CW outlet temp (}^\circ\text{C)}]$$

$$\text{CT range (}^\circ\text{C)} = 28,7 \text{ }^\circ\text{C} - 26,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

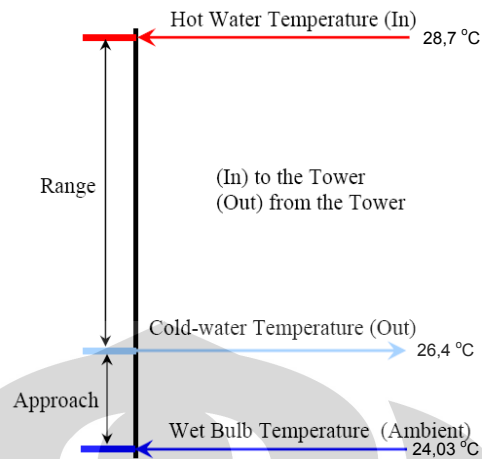
$$\text{CT range (}^\circ\text{C)} = \mathbf{2,3 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Approach

$$\text{CT Approach (}^\circ\text{C)} = [\text{CW outlet temp (}^\circ\text{C)} - \text{Wet bulb temp (}^\circ\text{C)}]$$

$$\text{CT Approach (}^\circ\text{C)} = 26,4 \text{ }^\circ\text{C} - 24,03 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{CT Approach (}^\circ\text{C)} = \mathbf{2,37 \text{ }^\circ\text{C}}$$



Gambar 3.8 Range dan Approach Cooling Tower 2

Effectiveness

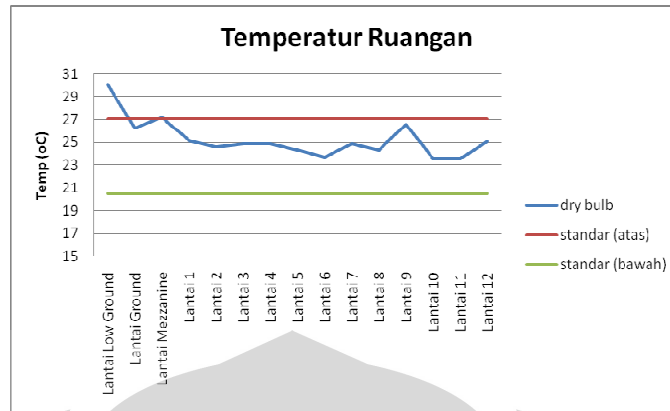
$$\text{CT effectiveness (\%)} = 100 \times (\text{CW temp} - \text{CW out temp}) / (\text{CW in temp} - \text{WB temp})$$

$$\text{CT effectiveness (\%)} = 100 \times (28,7 - 26,4) / (28,7 - 24,03)$$

$$\text{CT effectiveness (\%)} = 49,25\%$$

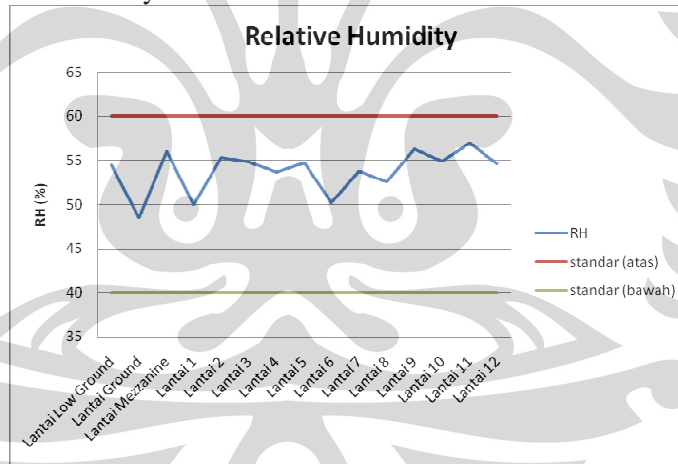
3.3.6 Kenyaman Ruangan

Dari data pengukuran temperatur ruangan maka didapatkan grafik:



Gambar 3.9 Grafik Temperatur Ruangan per Lantai

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sebagian besar temperatur ruangan sudah memenuhi standard, terdapat 1 ruangan yang melebihi nilai standard yang ditentukan yaitu sebesar 20.50 °C – 27.10°C. kedua ruangan tersebut adalah lantai low ground dan lantai mezzanine. Fungsi dari lantai low ground adalah basement, masjid dan ruang mesin, untuk ruang mesin ruangan tidak dikondisikan. Kondisi thermal yang panas juga diakibatkan oleh proses kerja dari mesin tersebut yang menyebabkan panas ke sekitar. Fungsi dari lantai mezzanine adalah sebagai kantin, kegiatan pada lantai ini ada yang sebagian memasak, oleh karena itu lantai temperatur lantai mezzanine lebih panas dari lantai lainnya.



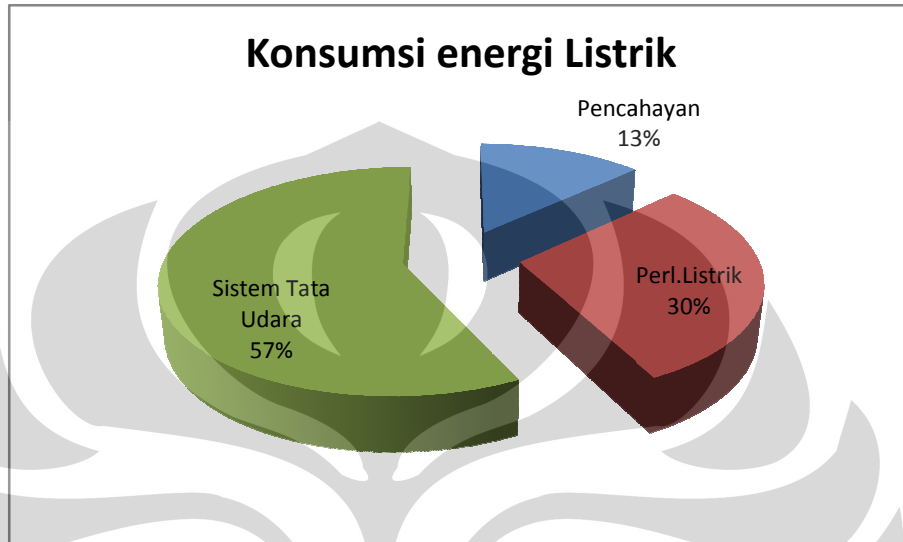
Gambar 3.10 Grafik Relative Humidity

Untuk relative humidity pada gedung ini, relative humidity semua lantai masuk kedalam standard yang diijinkan, yaitu sebesar 40% - 60%.

3.4 Analisa Sistem Elektrikal

Dari tabel 3.8 didapatkan persentase dari konsumsi energi listrik aktual pada gedung perkantoran di Jakarta selatan. Penggunaan energi listrik paling besar sebesar 57% digunakan untuk sistem tata udara penggunaan ini termasuk penggunaan chiller, pompa chilled water, pompa condenser water dan Air Handling Unit. Penggunaan untuk Konsumsi energi listrik terbesar kedua

adalah pada peralatan listrik pendukung kantor seperti computer, printer, dll sebesar 30%. Yang terakhir adalah penggunaan lampu untuk sistem pencahayaan buatan yaitu sebesar 13%.

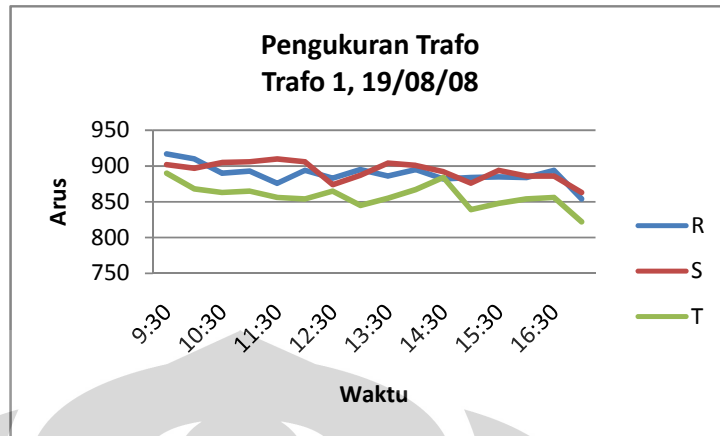


Gambar 3.11 persentase pemakaian energi listrik

3.4.1 Profil Penggunaan Energi Listrik

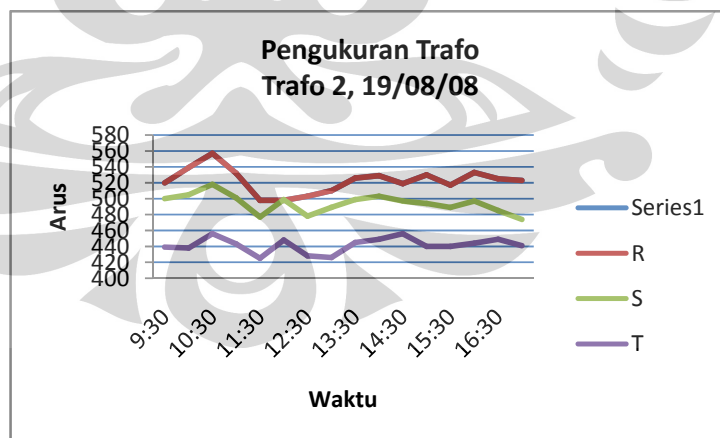
Perhitungan energi listrik dilakukan dengan menggunakan data berdasarkan pada nilai terukur yang terbaca pada kWh meter yang terletak pada ruang kontrol panel (*control panel room*). Pengukuran dilakukan dengan membaca nilai-nilai yang tertera pada alat ukur di control panel. Daya nominal yang digunakan trafo adalah sebesar 1,250 KVA.

Pengukuran ini dilakukan pada tanggal 19 Agustus 2009 pada pukul 09.30 s.d. 17.00 WIB, yaitu pada waktu gedung perkantoran mulai beraktifitas. Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran konsumsi energi listrik, data lengkap dapat dilihat dalam lampiran.



Gambar 3.12 Grafik Pengukuran Trafo 1 tanggal 19-08-08

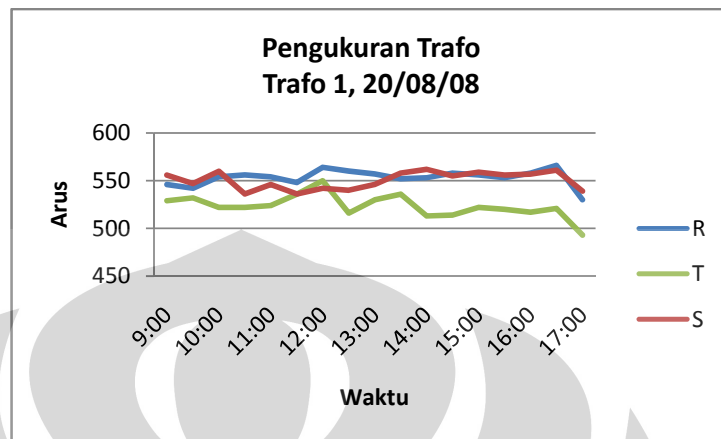
Dari grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi pelonjakan pemakaian listrik pada pukul 09.30 yaitu pada saat karyawan kantor mulai bekerja dan memulai beraktivitas. Pada pukul 12.00 terjadi penurunan pemakaian listrik ini diakibatkan karena pada jam tersebut adalah jam istirahat makan siang dan mulai kembali naik pada pukul 13.00. Mulai pukul 16.30 penurunan pemakaian energi listrik terjadi lagi hingga pukul 17.00, saat karyawan kantor pulang.



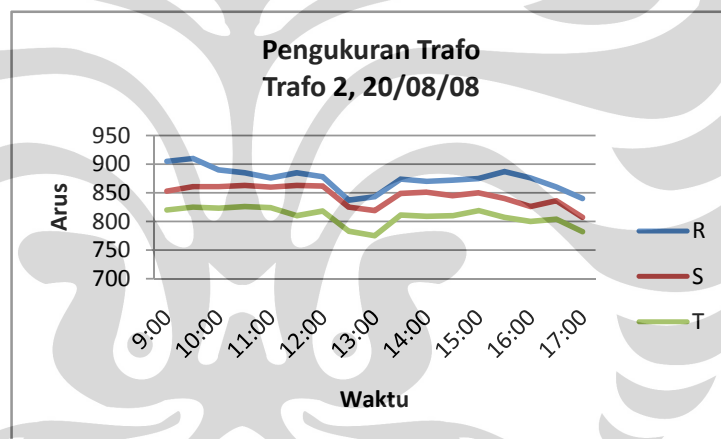
Gambar 3.13 Grafik Pengukuran Trafo 2 tanggal 19-08-08

Pengukuran kedua dilakukan pada tanggal 20 Agustus 2009 pada pukul 09.30 s.d. 17.00 WIB. Berikut ini adalah grafik hasil

pengukuran konsumsi energi listrik, data lengkap dapat dilihat dalam lampiran.



Gambar 3.14 Grafik Pengukuran Trafo 1 tanggal 20-08-08

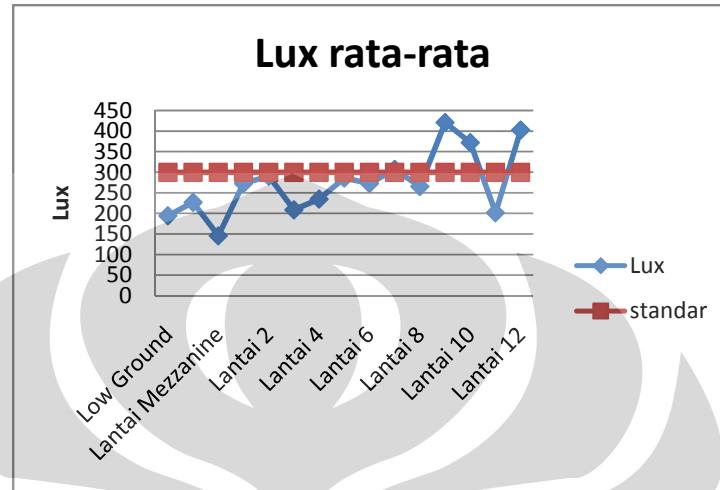


Gambar 3.15 Grafik Pengukuran Trafo 2 tanggal 20-08-08

Dari grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi pelonjakan pemakaian listrik pada pukul 09.00 yaitu pada saat karyawan kantor mulai bekerja dan memulai beraktivitas. Pada pukul 12.00 terjadi penurunan pemakaian listrik ini diakibatkan karena pada jam tersebut adalah jam istirahat makan siang dan mulai kembali naik pada pukul 13.00. Mulai pukul 16.30 penurunan pemakaian energi listrik terjadi lagi hingga pukul 17.00, saat karyawan kantor pulang.

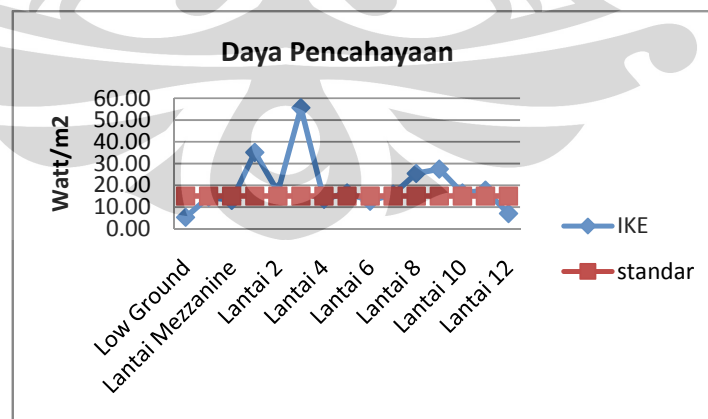
3.4.2 Sistem Pencahayaan

Pengukuran juga dilakukan pada sistem pencahayaan buatan, dibawah ini analisa dari hasil pengukuran sistem pencahayaan.



Gambar 3.16 Grafik Tingkat Pencahayaan

Pada gedung ini, intensitas cahaya lampu pada beberapa lantai masih dibawah standard yang dianjurkan, yaitu 300 Lux. Hanya terdapat 4 lantai dari 15 lantai yang memiliki nilai intensitas cahaya memenuhi standard minimal. Kurangnya nilai intensitas cahaya ini dapat diindikasikan karena faktor dari pengotoran lampu, sehingga intensitas cahaya yang diberikan oleh lampu berkurang karena adanya hambatan dari faktor pengotoran.



Gambar 3.17 Grafik Daya pencahayaan gedung

Pada grafik daya pencahayaan pada sistem pencahayaan gedung ini terdapat beberapa lantai masih dibawah standard yang dianjurkan, yaitu 15 Watt/m². Terdapat 5 lantai dari 15 lantai yang memiliki nilai daya pencahayaan melebihi standard. Nilai daya pencahayaan yang berlebih ini diakibatkan jumlah dari pemakaian energi listrik untuk lampu yang berlebih, contohnya untuk desain interior. Pada lantai 1 dan lantai 3, fungsi ruangan tidak seperti fungsi kantor-kantor biasanya. Pada lantai 1 terdapat Pusat Layanan dan beberapa Bank, ruangan-ruangan inilah yang memakai lampu secara berlebihan untuk kebutuhan fungsi dari ruangnya. Sedangkan pada lantai 3 adalah lantai pengurus/pejabat di gedung tersebut, pada lantai ini desain interior ruangnya berbeda dengan ruangan yang lain, hal ini yang menyebabkan penambahan pemakaian lampu.



BAB IV PELUANG PENGHEMATAN ENERGI

4.1 Sistem Mekanikal

Dari data sebelumnya bisa dilihat bahwa *chiller* merupakan komponen yang menyerap energi listrik terbesar. Namun hal ini akan difokuskan untuk mencari peluang penghematan konsumsi energi dimulai dari komponen AHU, walaupun hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa peluang penghematan justru akan didapat dari *chiller* setelah terlebih dahulu kinerja dari AHU dianalisis. Hal ini sangat wajar karena unit *chiller* adalah sebagai unit pembangkit yang hanya bertugas menyediakan air dingin untuk pendinginan, sedangkan seberapa besar tingkat pemakaian semua itu ditentukan oleh beban yang akan ditanggung oleh AHU yaitu sebagai unit pemakai.

Beberapa hal yang melandasi pemilihan mencari peluang penghematan konsumsi energi diawali dengan AHU adalah sebagai berikut:

- Sudah banyak studi kasus tentang peluang penghematan pada unit *chiller* (unit pembangkitan) dimana rata-rata berkisar tentang analisis penggantian refrigerant.
- Unit *chiller* adalah unit pembangkit, sedangkan unit AHU adalah sebagai unit pemakai. Besarnya kapasitas *chiller* ditentukan oleh beban yang akan ditanggung oleh AHU, sedangkan analisis peluang hemat bisa diawali dengan perhitungan kembali beban yang ditanggung oleh AHU.

Berdasarkan analisis di atas, maka akan dilakukan pencarian peluang hemat energi yang terkait dengan kerja AHU. Peluang Hemat Energi (PHE) antara lain:

- a. Salah satu cara penghematan konsumsi energi dari unit AC yang cukup efektif dan sederhana adalah dengan mengganti refrigerant yang digunakan saat ini (R-134) dengan hidrokarbon yang menurut para ahli dapat menurunkan konsumsi energi listrik sekitar 10% samapai 20%¹. Hidrokarbon saat ini dikembangkan untuk mengganti R-12 (CFC), R-22 (HCFC) dan R-134a (HFC) adalah R-290 (propane), R-600a (isobutana) dan R-600 (butane) atau campuran ketiganya. Refrigerant hidrokarbon ini memiliki sifat-sifat

¹ Seminar ilmiah terbatas Departemen Teknik Mesin, UI, Oktober 2004, ISBN 979-97726-4-8

fisik yang sesuai untuk menggantikan refrigerant terdahulunya sehingga cocok untuk proses drop-in (penggantian refrigerant secara langsung tanpa harus merubah komponen dari sistem pendingin yang akan disubstitusi) pada mesin pendingin yang sudah ada. Penggantian refrigerant ini memungkinkan karena penggunaan gedung biasanya hanya pada hari kerja yaitu senin sampai dengan jumat, maka penggantian refrigerant dapat dilakukan pada hari hari libur yaitu sabtu atau minggu.

Pemakaian energi listrik untuk chiller rata-rata 378,5625 kWh, maka pemakaian energi listrik untuk chiller dalam setahun adalah Rp 483.348.600,- . Jika penggantian refrigerant dengan hidrokarbon dapat menghemat 20% maka biaya yang bias dihemat dalam setahun adalah **Rp 96.669.720,-**

- b. Dengan pembersihan pada unit AHU, yaitu meliputi pembersihan saringan udara (*filter*), sudu kipas, sirip (*fin*) evaporator dan kisi keluaran (*grill*) pada unit AHU. AHU yang telah lama digunakan akan terjadi pengotoran. Pengotoran tersebut diakibatkan adanya debu-debu yang menempel pada saringan udara (*filter*) yang berasal dari udara balik (*return*) dan juga debu pada *grill* pada ujung saluran udara. Adanya debu tersebut mengakibatkan kualitas atau debit udara yang dihasilkan oleh kipas menjadi berkurang. Selain itu debu-debu yang melekat di atas permukaan *fin evaporator* akan menyebabkan proses perpindahan panas yang terjadi tidak optimal karena karena debu yang melekat akan berfungsi sebagai isolator sehingga dingin yang berasal dari air *chiller* tidak sepenuhnya dapat dikirim ke udara yang dihembuskan dengan bantuan kipas.
- c. Mengatur (*setup*) temperatur air keluar (*Leaving Chilled Water Temperatur=LCWT*) pada *chiller*. Dengan menaikkan LCWT dapat menyebabkan kapasitas pendinginan dari *chiller* menjadi berkurang. Pengurangan kapasitas *chiller* ini akan berdampak pada penurunan konsumsi listrik. Karena kenaikan LCWT dapat menyebabkan naiknya suhu ruangan, maka dengan pengaturan LCWT sebaiknya perlu diatur agar temperatur ruangan-ruangan masih berada di kondisi nyaman.

Jika temperatur pada LCWT dinaikkan 1 derajat maka:

$$Q_e (kW) = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta t (kW)$$

$$Q_e (kW) = 89,24 \text{ kg/s} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot (14,3 - 12)^\circ \text{C}$$

$$Q_e (kW) = 857,95 \text{ kW}$$

Nilai Q_e yang baru dimasukan kembali kedalam coolpack, maka didapatkan hasil:

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES	
T_E [°C]: 5.6	ΔT_{SH} [K]: 5	AP_{SL} [kPa]: 0.5	AP_{OL} [kPa]: 0.5
T_C [°C]: 36.1	ΔT_{SC} [K]: 2	SUCTION GAS HEAT EXCHANGER: No SGHX, 0.30	
REFRIGERANT: R134a			
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity \dot{Q}_E [kW]: 858	\dot{Q}_E : 858 [kW]	\dot{Q}_C : 1011 [kW]	\dot{m} : 5.434 [kg/s], \dot{V}_G : 1171.56 [m ³ /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency η_B [%]: 0.7	η_{IS} : 0.700 [-]	\dot{W} : 161.7 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor f_Q [%]: 10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 51.9 [°C]	\dot{Q}_{LOSS} : 16.17 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 1.0	\dot{Q}_{SL} : 5975 [W]	T_8 : 11.6 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 5.304	COP: 5.341
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	------------

Gambar 4.1 Data Chiller setelah dilakukan penghematan

Nilai pemakaian energi listrik menjadi sebesar 161,7 kW, jika dibandingkan dengan perhitungan sebelumnya sebesar 224,35 kW maka dengan menaikkan nilai LCWT maka didapatkan penghematan sebesar 62,65 kWh. Dalam setahun dapat menghemat sebesar **Rp 79.953.216,-**

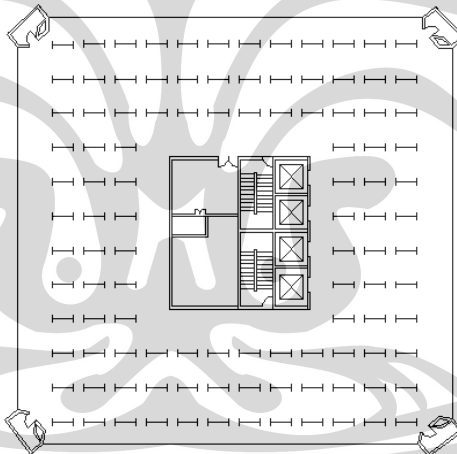
Dari pengenalan peluang hemat energi (PHE) diatas maka energi listrik yang dapat dihemat dalam setahun untuk sistem tata udara adalah sebesar **Rp 179.622.936,-**

4.2 Sistem Elektrikal

Untuk sistem elektrikal ini, peluang penghematan energi akan difokuskan pada sistem pencahayaan. Peluang penghematan energi pada sistem pencahayaan dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Menggantian ballast dengan menggunakan ballast elektronik.
- b. Untuk peluang penghematan energi yang kedua adalah dengan cara mematikan lampu pada posisi yang berdekatan dengan jendela, karena cahaya lampu dibandingkan dengan cahaya jendela jauh lebih besar intensitas cahaya alami yang diakibatkan oleh matahari. Sehingga dengan cara mematikan lampu pada beberapa titik akan dapat mengurangi jumlah pemakaian energi listrik.

Pemakaian listrik di gedung ini adalah typical dari lantai 1 sampai dengan lantai 12, pada setiap lantai terdapat 108 lampu seperti ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.2 Skema penempatan lampu (typical pada tiap lantai)

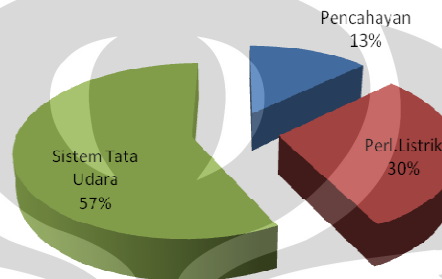
Pada setiap sisi jendela terdapat 12 lampu maka untuk 1 lantai dengan metode mematikan lampu yang berdekatan dengan jendela dapat dimatikan lampu sebanyak 40 blok lampu. 1 blok lampu berisikan 3 buah lampu fluorescent dengan daya sebesar 40 Watt. Dengan mematikan 40 blok lampu maka dalam setahun dapat menghemat pemakaian energi listrik untuk sistem pencahayaan sebesar **Rp 73.543.680,-**

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan hasil audit energi, terkait dengan konsumsi energi yang bisa penulis ambil antara lain:

1. Berdasarkan audit energi awal, pemakaian jumlah energi listrik yang digunakan sesuai dengan penggunaannya adalah:



Gambar 5.1 Chart Konsumsi Energi Listrik

2. Dari perhitungan unjuk kerja chiller didapatkan hasil:

Tabel 5.1 Data Chiller

	Satuan	1	2	Rata-rata	Std
Model : 19 XL- 4141 453 CL Refrigerant : HFC 134a					
Daya Kompresor (running)	kWe	235	239	237	-
Load	%	97.6	99.2	98.4	100
Current	Amp	375.1	382.0	378.55	374
Load	TR	350	350	350	350
	kWt	1231	1231	1231	1231
Suhu refrigerant di Cooler	°C	5.4	5.9	5.65	5.56
Suhu refrigerant di Condenser	°C	35.7	34.9	35.3	36.1
Suhu refrigerant keluar Kompresor	°C	45.5	45.1	45.3	-
Suhu air masuk Cooler	°C	14.2	14.4	14.3	12.2
Suhu air keluar Cooler	°C	10.5	11.5	11	6.67
Suhu air masuk Condenser	°C	28.9	28.8	28.9	29.4
Suhu air keluar Condenser	°C	33.9	32.8	33.4	35.0
Laju alir massa	kg/s	7.7	7.7	7.7	
Dari software CoolPack					
Qe (Kapasitas Cooler)	kWt	1231	1231	1231	-
Qc (Kapasitas Condenser)	kWt	1449	1438	1443.5	-
COP	-	5.351	5.631	5.491	6.10
Daya Kompresor	kWe	230.1	218.6	224.35	-
kW/TR	-	0.66	0.62	0.64	0.56-0.58

3. Kenyamanan ruangan pada gedung tersebut hampir semua memenuhi standard yang berlaku, hanya terdapat 1 ruangan yang temperaturruangannya tidak sesuai dengan standard, yaitu ruang mesin

pada lantai Low Ground. Sedangkan untuk Relative Humidity semua ruangan pada gedung perkantoran tersebut memenuhi standard.

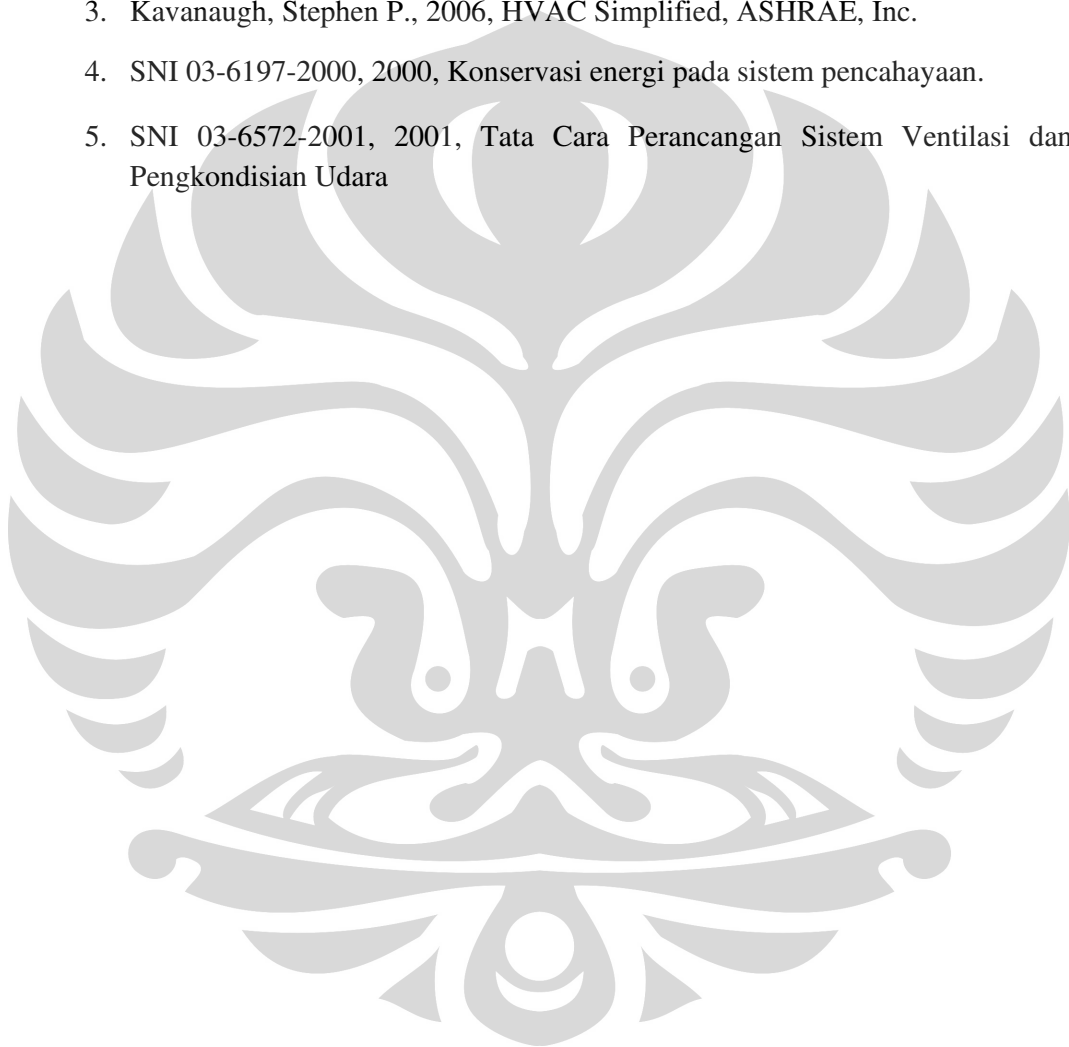
4. Untuk sistem pencahayaan, pemakaian listrik di gedung ini termasuk boros. Terdapat 5 dari 15 lantai yang daya pencahayaannya melebihi standard yang diajukan yaitu 15 Watt/m^2 .
5. Peluang Penghematan Energi (PHE) pada penelitian audit energi ini adalah:
 - a. Penggantian Refrigerant R-134 dengan Hidrokarbon
 - b. Dengan pembersihan pada unit AHU yaitu meliputi pembersihan saringan udara (*filter*), sudu kipas, sirip (*fin*) evaporator dan kisi keluaran (*grill*) pada unit-unit AHU.
 - c. Mengatur (*setup*) temperatur air keluar (*Leaving Chilled Water Temperature = LCWT*) pada *chiller*.
 - d. Membersihkan lampu secara berkala
 - e. Mematikan lampu pada mematikan lampu pada posisi yang berdekatan dengan jendela posisi yang berdekatan dengan jendela
6. Dari PHE didapatkan penghematan energi listrik untuk:
 - a. Sistem tata udara sebesar **Rp 179.622.936,-/tahun**
 - b. Sistem Pencahayaan sebesar **Rp 73.543.680,-/tahun**Maka penghematan total adalah sebesar **Rp 253.166.616,-/tahun**

5.2 SARAN

Untuk peneliti selanjutnya sebaiknya menggunakan data-data beberapa tahun sebelumnya agar dapat mengetahui nilai estimasi, nilai real, dan nilai setelah manajemen energi sehingga di tahun berikutnya dapat diprediksi nilai kemungkinan penghematan energi menggunakan metode pendekatan berdasarkan tahun sebelumnya.

DAFTAR ACUAN

1. Chiller Carrier 19XL, 2009, Diakses 7 Maret 2009, http://www.xpedio.carrier.com/idc/groups/public/documents/techlit/19xlparts_catalog.pdf
2. Cooling Tower, 2009, Diakses 14 April 2009, http://www.energyefficiencyasia.org/energyequipment/ee_es_coolingtowers.html
3. Kavanaugh, Stephen P., 2006, HVAC Simplified, ASHRAE, Inc.
4. SNI 03-6197-2000, 2000, Konservasi energi pada sistem pencahayaan.
5. SNI 03-6572-2001, 2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara



DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Wiranto., 1993, Manual Untuk Pelatihan Pengiritan Pemakaian Listrik dalam Sektor Komersial, Pusat Penelitian Teknologi ITB.
2. Pompa, 2009, Diakses 18 April 2009, http://www.energyefficiencyasia.org/energyequipment/ee_es_pumpsumpin_gsystems.
3. Thumann, Albert., Younger, William J., 2003, Handbook of Energy Audits, The Fairmont Press, Inc.



Lampira 1 – Data Pengukuran Trafo

PUKUL	Temp.	TRAFO 1						TRAFO 2							
		ARUS			TEGANGAN			kVA	ARUS			TEGANGAN			kVA
	°C	R	S	T	R	S	T		R	S	T	R	S	T	
9:30	30.0	917	902	890	380	380	380		520	500	439	380	380	380	
10:00	30.0	910	897	868	380	380	380		539	505	438	380	380	380	
10:30	30.9	890	905	863	380	380	380		557	518	456	380	380	380	
11:00	31.4	893	906	865	380	380	380		532	501	443	380	380	380	
11:30	31.2	876	910	856	380	380	380		498	477	425	380	380	380	
12:00	30.7	894	906	854	380	380	380		498	499	448	380	380	380	
12:30	31.1	883	874	865	380	380	380		503	478	428	380	380	380	
13:00	30.7	895	887	845	380	380	380		510	489	426	380	380	380	
13:30	31.8	886	904	855	380	380	380		526	499	445	380	380	380	
14:00	31.3	895	901	867	380	380	380		529	503	449	380	380	380	
14:30	31.3	882	892	884	380	380	380		519	497	456	380	380	380	
15:00	31.3	884	876	839	380	380	380		530	494	440	380	380	380	
15:30	31.1	885	894	848	380	380	380		517	489	440	380	380	380	
16:00	31.3	884	886	854	380	380	380		533	497	444	380	380	380	
16:30	31.3	894	886	856	380	380	380		525	485	449	380	380	380	
17:00	30.9	854	863	822	380	380	380		523	474	441	380	380	380	

PUKUL	Temp.	TRAFO 1						TRAFO 2							
		ARUS			TEGANGAN			kVA	ARUS			TEGANGAN			kVA
	°C	R	S	T	R	S	T		R	S	T	R	S	T	
9:00	30.3	546	556	529	380	380	380		905	853	820	380	380	380	
9:30	30.7	542	547	532	380	380	380		910	861	825	380	380	380	
10:00	30.9	554	560	522	380	380	380		890	861	823	380	380	380	
10:30	31.0	556	536	522	380	380	380		885	863	826	380	380	380	
11:00	31.3	554	546	524	380	380	380		876	860	824	380	380	380	
11:30	31.3	548	536	536	380	380	380		885	863	810	380	380	380	
12:00	31.3	564	542	550	380	380	380		878	862	818	380	380	380	
12:30	31.1	560	540	516	380	380	380		837	825	783	380	380	380	
13:00	31.5	557	546	530	380	380	380		843	819	775	380	380	380	
13:30	31.4	552	558	536	380	380	380		874	849	811	380	380	380	
14:00	31.4	553	562	513	380	380	380		870	851	809	380	380	380	
14:30	31.5	558	555	514	380	380	380		872	845	810	380	380	380	
15:00	31.6	556	559	522	380	380	380		875	850	819	380	380	380	
15:30	31.7	553	556	520	380	380	380		887	840	807	380	380	380	
16:00	31.7	558	557	517	380	380	380		876	826	800	380	380	380	
16:30	31.7	566	561	521	380	380	380		860	836	804	380	380	380	
17:00	31.7	530	539	493	380	380	380		840	807	782	380	380	380	

Lampiran 2 – Data Sistem Pencahayaan dan Sistem Tata Udara masing-masing Lantai

a. *Low Ground*

Sistem Pencahayaan

Ruang	area	Lighting			Intensity
	m2	jmlh	mati	watt	lux
Mesjid	144.29	24	0	432	13739
koridor	43.10	4	1	72	806
MDP trafo	37.44	5	0	180	1067
Control Room	13.44	6	0	600	503
Ruang Pompa	39.84	5	1	180	663
Ruang UPS	21.14	3	0	108	471
Ruang Genset	40.08	9	2	324	909
Ruang Chiller	104.19	8	0	288	736
Total	443.52	64	4	2184	18894

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperature		
	DB	WB	RH %
Mesjid	27.7	21.7	59.6
koridor			
MDP trafo	29.9	23.9	61.2
Control Room	29.7	23.0	56.8
Pompa	31.4		49.1
UPS	29.4		47.4
Genset	30.5		54.7
Chiller	31.9		52.6

b. Ground

Sistem Pencahayaan

Ruang	area	Lighting			Intensity	Lux/m2
	m2	jmlh	mati	watt	lux	
Bank Mandiri						
Data Com	14.53	2	0	144	601	41.37
koridor data com	12.40	2	1	108	381	30.74
Gudang	2.25	1	0	60	35	15.56
Kluis	13.58					0.00
Rapat	17.56	8	1	800	7474	425.68
Pantry	5.03	1	1	36	306	60.78
Pimpinan	24.40	10	2	800	1392	57.04
toilet		1	0	60	178	
server	7.11	1	0	100	40	5.62
koridor server	4.21	1	0	100	96	22.83
Staf	53.13	9	4	504	2199	41.39
Pelayanan	153.16			1500		0.00
koridor Ruang Staf	8.65	5	0	100	424	49.00
ATM centre	9.47			100		0.00
Meeting	4.77			75		0.00
Bank AGRO						
Pelayanan	32.03	6	1	444	1210	37.78
brankas	6.81			40		0.00
server	6.81			40		0.00
operasional 1	22.15	4	1	180	611	27.58
gudang	9.42	1	0	36	190	20.16
Kepala Cabang	21.63	11	7	400	1008	46.61
operasional 2	40.30	13	2	960	2196	54.49
Pantry	12.33	2	2	72	692	56.12
Klinik Nayaka						
Laboratorium	10.17	1	0	108	306	30.08
Dokter Gigi	10.17	4	0	408	1471	144.64
Lobby + apotek	27.13	5	0	508	828	30.52
	529.20			7683		1197.98

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperature		
	DB	WB	RH %
Bank Mandiri			
Data Com	27.70		43.10
koridor data com	27.50		50.20
Gudang	27.40		52.80
Kluis			
Rapat	26.50		51.00
Pantry	26.60		49.40
Pimpinan	27.40		46.60
toilet	26.90		51.50
server	27.70		46.80
koridor server	26.90		50.20
Staf	27.60		49.50
Pelayanan	26.98		50.08
koridor Ruang Staf	27.00		50.20
ATM centre	26.50		49.30
Meeting	26.40		52.40
Bank AGRO			
Pelayanan	27.37		52.27
brangkas			
server	27.40		52.40
operasional 1	27.57		52.40
gudang	27.50		54.10
Kepala Cabang	26.70		51.90
operasional 2	27.10		53.98
Pantry	26.50		57.20
Klinik Nayaka			
Laboratorium	28.70		48.70
Dokter Gigi	29.30		47.50
Lobby + apotek	29.10		47.65

c. *Mezzanine*

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Kantin	279.40	90	30	3920	14159	50.68
toilet/gudang	3.00	1	0	40	46	15.33
koperasi	54.15	6	0	648	1457	26.91
Arsip	34.08					
toilet pria	5.00	4	0	160	548	109.60
toilet wanita	5.00	5	0	200	719	143.80
Koridor toilet					523	
lobby		5	5	0	0	
Total	380.63	21	35	4968	17452	346.32

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Kantin	26.39	19.66	49.01
toilet/gudang	27.00	20.20	54.10
koperasi	26.40	19.70	53.60
Arsip			
toilet pria	26.80	20.80	58.80
toilet wanita	30.00		60.60
Koridor toilet	26.80	20.80	58.60
lobby	27.00	20.10	57.40

d. Lantai 1

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
lobby		19	3	1900	551	
Tamu	9.69	3	0	300	511	52.72
Staf Pemasaran		23	0	2484	6996	
Kepala Bidang Pemasaran	8.60	2	0	216	563	65.50
Arsip 1	6.24					
Kepala Bidang IT	7.29					
toilet		1	0	100	31	
pantry		1	0	72	446	
mushola	9.14	1	0	108	781	85.42
arsip 2	9.14	1	0	108	433	47.36
arsip 3	27.42	3	0	324	997	36.36
kepala umum	12.21	1	0	108	521	42.68
staf	11.87	2	0	216	555	46.77
arsip 4	20.77	4	0	432	1624	78.21
arsip 5/gudang	20.77	4	0	324	1019	49.07
rapat	21.64	8	2	640	3600	166.37
kepala cabang		7	0	700	1558	
sekretaris		2	0	200	121	
toilet		1	0	100	11	
Kepala Bidang Pelayanan	10.72	1	0	108	362	33.77
Staf Pelayanan	78.45	13	0	1404	4278	54.53
Staf Pelayanan 2	64.58	8	0	864	2474	38.31
Pertemuan	7.66	2	0	120	65	8.48
Kaur	8.34	1	0	108	336	40.29
toilet		1	0	60	40	
JHT	24.53	11	0	820	2985	121.67
Pelayanan		29	4	2740	10987	
JPK	24.63	11	7	820	214	8.69
	383.68	160	16	13476.00	41508.00	976.19

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
lobby	25.60	19.50	57.30
Tamu	25.00	17.10	45.10
Staf Pemasaran	25.08	18.40	52.85
Kepala Bidang Pemasaran	25.70	18.30	52.10
Arsip 1			
Kepala Bidang IT			
toilet	25.90	19.40	54.60
pantry	25.90	19.40	55.00
mushola	25.90	18.00	51.00
arsip 2	24.90	17.70	49.90
arsip 3	25.70	18.50	50.70
kepala umum	25.30	18.10	50.10
staf	25.20	18.10	50.40
arsip 4	25.10	18.10	51.30
arsip 5/gudang	24.60	17.80	51.50
rapat	25.00	17.90	50.20
kepala cabang	24.85	17.80	50.65
sekretaris	25.00	18.00	50.60
toilet	25.80	19.30	51.80
Kepala Bidang Pelayanan	25.00	18.00	50.70
Staf Pelayanan	24.98	17.98	50.80
Staf Pelayanan 2	24.53	17.77	51.83
Pertemuan	23.80	17.60	54.60
Kaur	24.60	18.00	52.70
toilet	25.00	17.00	57.00
JHT	24.30	18.60	58.40
Pelayanan	24.43	18.70	58.37
JPK	26.60	18.40	45.80

e. Lantai 2

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	69.57	20	0	2000	2806	40.34
Rapat	31.48	9	0	900	1502	47.72
Komite Integritas	31.48	5	0	500	866	27.51
Direktur Bank	55.33	8	0	800	1723	31.14
Sekretaris	12.88	3	0	300	820	63.65
Istirahat	23.07	3	0	300	1280	55.49
Toilet		2	0	136	324	
PABX	29.27	2	0	216	676	23.10
Direktur Umum	53.09	8	0	800	2730	51.42
Sekretaris	25.82	4	0	400	1032	39.98
Istirahat	20.07	4	0	400	2972	148.11
Toilet		2	0	136	296	
Tunggu	75.99	12	0	924	2685	35.33
Pertemuan	16.19	2	0	108	1733	107.01
Pertemuan besar	91.44	22	0	2200	3169	34.66
Direktur Operasional	48.87	8	0	800	2372	48.53
Sekretaris	21.74	3	0	300	1589	73.09
Istirahat	20.07	3	0	300	1848	92.10
Toilet		2	0	136	292	
Rapat	16.28	2	0	108	1143	70.19
pertemuan	24.65	4	0	400	1092	44.31
tunggu	75.76	12	0	384	2083	27.50
Direktur Keuangan	39.01	8	0	800	2292	58.75
Sekretaris	35.95	2	0	108	802	22.31
Istirahat	15.26	2	0	200	379	24.83
Toilet		2	0	136	374	
Pantry	10.52	2	0	154	354	33.66
Mushola	10.52	3	1	64	368	34.99
Toilet Pria		5	0	244	637	
Toilet Wanita		5	0	144	624	
Lobby Toilet		1	0	100	178	
Total	854.29	170	1	14498.00	41041.00	1235.70

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	22.2	16.6	57.0
Rapat	24.5	17.3	49.0
Komite Integritas	24.0	17.3	51.5
Direktur Bank	23.3	17.0	53.4
Sekretaris	24.5	17.9	53.5
Istirahat	24.0	18.1	56.9
Toilet	25.5	19.8	59.3
PABX	23.6	17.5	55.2
Direktur Umum	23.9	17.5	53.6
Sekretaris	23.2	17.5	57.0
Istirahat	24.6	18.1	53.6
Toilet	25.1	18.6	53.9
Tunggu	23.7	17.8	57.0
Pertemuan	24.1	17.5	52.3
Pertemuan besar	25.0		55.5
Direktur Operasional	24.2	17.7	52.7
Sekretaris	25.3	18.5	52.4
Istirahat	25.3	18.5	52.7
Toilet	26.2	19.5	53.6
Rapat	24.7	17.7	50.3
pertemuan	24.3	17.7	52.4
tunggu	24.3	17.7	52.5
Direktur Keuangan	23.5	17.5	56.1
Sekretaris	25.0	18.6	54.5
Istirahat	23.4	17.8	58.4
Toilet	25.3	20.5	65.8
Pantry	25.3	18.6	52.9
Mushola	23.6	17.7	56.3
Toilet Pria	25.8	19.9	58.4
Toilet Wanita	29.3		71.9
Lobby Toilet	25.8	19.6	55.7

f. Lantai 3

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	48.03	22	0	2080	3664	76.29
koridor	143.24	53	0	5100	5373	37.51
Rapat Besar	66.09	22	0	1432	4522	68.42
Rapat Dir. Kepatuhan	19.35	6	0	600	1418	73.27
Direktur Kepatuhan						
Istirahat						
Toilet						
Sekretaris Dir Kepatuhan	18.03	5	0	408	1767	98.02
Tunggu Dirut	8.64	2	0	108	432	50.00
Serbaguna	16.66	3	0	300	755	45.31
Staf ahli	18.08	6	0	600	521	28.82
Kerja Staf Ahli	28.68	4	1	300	733	25.56
Direktur Utama	54.49	20	0	1680	6158	113.01
Istirahat Dirut	23.91	5	0	420	915	38.26
Toilet		3	0	220	308	
Sekretaris Dirut	33.32	14	0	1260	2727	81.85
Rapat Dir Investasi						
Direktur Investasi						
Istirahat						
Toilet						
Shower						
Sekretaris Dir Investasi	12.63	4	0	400	190	15.04
pantry	6.66	2	0	200	150	22.51
Komisaris Utama	46.75	7	0	700	5288	113.11
istirahat komisaris	15.94	2	0	200	131	8.22
Toilet		2	0	136	305	
Sekretaris komisaris	27.77	3	0	300	1231	44.32
Komite Audit	22.48	4	0	400	1873	83.32
Dewan Komisaris	74.26	13	0	1300	2402	32.35
Rapat Komisaris	10.94	5	0	500	632	57.79
koridor toilet		1	0	60	74	
Toilet Pria		6	0	344	771	
Toilet Wanita		6	0	240	832	
Total	695.95	220	1	18644	43172	1112.99

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	22.6	17.1	58.0
koridor	23.3	17.5	56.8
Rapat Besar	22.1	16.2	55.1
Rapat Dir. Kepatuhan	22.3	17.2	56.7
Direktur Kepatuhan			
Istirahat			
Toilet			
Sekretaris Dir Kepatuhan	22.8	17.2	57.8
Tunggu Dirut	23.4	17.5	56.7
Serbaguna	22.9	17.0	55.8
Staf ahli	23.6	17.8	57.3
Kerja Staf Ahli	22.3	16.9	58.2
Direktur Utama	28.4		49.0
Istirahat Dirut	28.6		47.9
Toilet	28.8		52.3
Sekretaris Dirut	27.9		51.4
Rapat Dir Investasi			
Direktur Investasi			
Istirahat			
Toilet			
Shower			
Sekretaris Dir Investasi	24.3	17.4	50.8
pantry	24.2	18.2	56.1
Komisaris Utama	26.2	18.4	47.7
istirahat komisaris	25.7	18.8	52.2
Toilet	26.3	19.5	52.9
Sekretaris komisaris	26.7	18.8	47.9
Komite Audit	23.9	17.8	55.6
Dewan Komisaris	25.9		52.5
Rapat Komisaris			
koridor toilet	25.3	19.7	60.2
Toilet Pria	24.65	19.9	65.75
Toilet Wanita	25.2	19.8	60.3

g. Lantai 4

Sistem Pencahayaan

Ruang	Pencahayaan			Intensitas
	jumlah	mati	watt	lux
Lobby	21	0	2100	822
Kepala Biro Humas	9	2	420	2664
toilet	1	0	60	61
Rapat	2	0	72	556
Kaur Wartawan	1	0	36	446
wartawan	3	0	108	606
Staf	11	0	396	2664
Kaur 1	1	0	36	275
Kaur 2	1	0	36	365
Pantry	2	0	72	553
Kabiro sekretariat Pers.	7	0	700	1610
toilet	1	0	100	120
Sekretaris	4	0	400	583
arsip sekretaris	1	0	108	256
koridor	2	0	216	355
tamu	2	0	200	175
Rapat	8	3	500	690
Kaur 1	2	0	208	560
Fotokopian	2	0	216	434
Staf sekretariat Pers.	16	0	1728	9791
koridor toilet	1	1	0	0
toilet	1	0	60	98
kaur 2	2	0	180	472
kaur 3	2	0	216	563
Gudang 1	4	4	0	0
Staf	4	0	432	900
Arsip	17	1	1656	8204
toilet	1	0	60	98
gudang 2	2	1	108	96
Pantry	1	0	72	227
mushola	3	0	252	689
toilet pria	9	0	490	1395
toilet wanita	8	0	472	1386
Total	152	12	11710	37714

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby			
Kepala Biro Humas	24.35	18.10	54.90
toilet	24.90	18.70	55.70
Rapat	24.60	18.30	54.90
Kaur Wartawan	24.90	18.70	55.80
wartawan	25.00	18.80	55.80
Staf	24.47	17.97	53.77
Kaur 1	25.20	18.50	53.00
Kaur 2			
Pantry			
Kabiro sekretariat Pers.	24.80	17.90	51.30
toilet	25.80	18.90	52.70
Sekretaris	24.90	17.70	49.30
arsip sekretaris			
koridor	24.00	17.40	51.90
tamu	24.00	17.40	51.90
Rapat	24.00	17.20	51.90
Kaur 1	24.10	17.70	53.80
Fotokopian	24.80	18.60	55.80
Staf sekretariat Pers.	24.70	17.95	52.35
koridor toilet	25.70	19.20	54.10
toilet	25.40	19.50	57.50
kaur 2	25.20	18.50	53.00
kaur 3	24.90	18.70	55.80
Gudang 1	25.40	17.30	45.15
Staf	24.85	18.35	53.60
Arsip	24.48	18.00	53.53
toilet	25.40	19.50	57.50
gudang 2	25.70	19.20	54.20
Pantry	24.00	17.90	55.70
mushola	24.70	18.10	54.95
toilet pria	25.70	19.10	53.90
toilet wanita			

h. Lantai 5

Sistem Pencahayaan

Ruang	area	Lighting			Intensity	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	Lux/m2
Lobby		15	0	1620	5068	
Rapat kabiro PI	32.59	2	0	216	424	13.01
Kabiro PI	21.49	4	0	432	1836	85.44
toilet	15.00	2	0	72	228	15.20
Sekretaris	11.52	1	0	108	401	34.82
Kaur 1	11.52	1	0	108	267	23.18
Kaur 2	11.52	1	0	108	258	22.40
Staf Besar	127.41	22	0	2376	5251	41.21
Komputer	24.94	2	0	216	648	25.98
Staf kecil	20.64	4	0	432	1841	89.17
Toilet	15.00	2	0	72	236	15.73
Kaur 3	5.84	1	0	108	234	40.07
Arsip Biro PI	41.66	4	0	432	1068	25.64
Arsip TekPel	25.22	6	0	612	1464	58.05
Rapat	27.33	4	0	432	830	30.37
KaDiv Teknis	31.38	4	0	432	1156	36.84
Toilet	15.00	2	0	72	228	15.20
Sekretaris	9.10	1	0	108	246	27.03
Kaur 4	10.15	1	0	108	246	24.24
Kaur 5	10.15	1	0	108	367	36.16
Staf Besar 2	75.18	10	0	1080	2639	35.10
Staf Kecil 2	12.83	4	0	432	1155	90.00
Rapat	14.70	2	0	216	475	32.31
kadiv layanan JPK	39.52	4	0	432	1034	26.16
Toilet	15.00	2	0	72	299	19.93
kaur 6	9.73	1	0	108	226	23.23
kaur 7	10.31	1	0	108	325	31.53
staf	102.59	14	0	1512	3190	31.09
Mushola	8.66	1	0	108	523	60.36
Pantry	7.86	2	0	216	871	110.76
Gudang	5.11	1	0	108	433	84.67
Toilet Pria	15.00	8	0	352	3058	203.87
Toilet Wanita						
Total	783.95			12916		1408.78

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperature		
	DB	WB	RH %
Lobby	25.02		56.76
Rapat kabiro PI	25.30	17.80	52.30
Kabiro PI	23.70	17.80	56.60
toilet	25.10	19.70	60.50
Sekretaris	24.30	18.40	56.90
Kaur 1	24.20	18.00	55.20
Kaur 2	24.00	17.90	55.50
Staf Besar	24.10	18.10	56.70
Komputer	24.10	17.90	55.20
Staf kecil	24.30	18.10	55.20
Toilet	23.80	17.50	53.70
Kaur 3	24.40	18.10	54.40
Arsip Biro PI	24.10	18.05	55.80
Arsip TekPel	23.80	17.70	56.30
Rapat	24.40	16.90	47.20
KaDiv Teknis	24.30	17.20	50.10
Toilet	25.80	21.20	66.30
Sekretaris	24.30	18.10	55.20
Kaur 4	24.00	16.80	48.30
Kaur 5	23.70		61.00
Staf Besar 2	24.00		55.80
Staf Kecil 2	24.00		56.30
Rapat	24.10	17.10	50.20
kadiv layanan JPK	24.60	17.10	47.10
Toilet	25.40	19.50	57.80
kaur 6	24.50	17.20	48.70
kaur 7	24.90	17.60	48.70
staf	24.57	17.50	49.83
Mushola	20.80		60.80
Pantry	25.20		55.20
Gudang	24.00		59.50
Toilet Pria	25.90		61.25
Toilet Wanita			

i. *Lantai 6*

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby						
Kepala Biro Keuangan	20.00	6	0	324	1765	88.25
Toilet	15.00	2	0	72	334	22.27
Kaur 1	6.41	1	0	54	245	38.23
Kaur 2	9.49	1	0	54	245	25.83
Kaur 3	9.49	1	0	54	245	25.83
Kaur 4	19.18	3	0	162	1008	52.56
Kaur 5	9.49	1	0	54	451	47.54
Gudang Biro Keuangan	25.96	4	1+1L	144	690	26.58
Staf Biro Keuangan		12	0	648	3432	
Kamar staf biro keuangan 1	9.00	1	0	54	315	35.02
Kamar staf biro keuangan 2	19.69	2	0	108	666	33.83
Kamar staf biro keuangan 3	9.00	2	0	108	535	59.47
Kepala Biro Controller	20.00	3	0	108	957	47.85
Toilet	15.00	2	0	72	290	19.33
Staf Biro Controller	52.60	7	0	378	2169	41.23
Kaur 1	8.71					0.00
Kaur 2	8.71	2	0	108	683	78.40
Kepala Biro Akuruasi	20.00	3	0	108	880	44.00
Toilet	15.00	2	0	72	222	14.80
Rapat	16.14	3	0	108	614	38.05
Gudang Biro Akuruasi	6.38	2	2	0	0	0.00
Kaur 1	9.00	1	0	54	424	47.11
Kaur 2	9.00	1	0	54	247	27.44
Toilet	15.00	2	0	72	122	8.13
Staf Biro Akutansi	12.00	34	0	1836	9967	830.58
Staf Setlemen	37.20	3	0	162	972	26.13
tamu setlemen	12.00	1	0	54	238	19.83
Kasir	12.00	2	0	108	1290	107.50
Mushola	7.92	1	0	54	152	19.18
Pantry	7.99	1	0	54	312	39.03
Tamu	7.92	4	0	400	547	69.03
	445.27			5638		1822.51

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby			
Kepala Biro Keuangan	22.45	16.30	53.40
Toilet			
Kaur 1			
Kaur 2	23.30	16.80	53.30
Kaur 3	23.20	17.10	54.00
Kaur 4	23.60	17.10	52.20
Kaur 5	23.80	16.90	50.60
Gudang Biro Keuangan	23.40	16.70	51.10
Staf Biro Keuangan	22.70	16.40	52.70
Kamar staf biro keuangan 1	24.10	17.00	49.20
Kamar staf biro keuangan 2	23.30	16.80	53.30
Kamar staf biro keuangan 3	23.20	17.10	54.00
Kepala Biro Controller			
Toilet			
Staf Biro Controller	23.75	17.40	53.85
Kaur 1			
Kaur 2	24.20	17.70	53.80
Kepala Biro Akurasi	25.00	16.95	44.50
Toilet	25.00	17.10	46.20
Rapat	23.80	16.50	47.80
Gudang Biro Akurasi	25.40	18.60	53.30
Kaur 1	23.30	16.80	52.80
Kaur 2	23.60	17.10	52.20
Toilet	25.30	19.40	58.30
Staf Biro Akutansi	23.56	17.06	51.68
Staf Setlemen	24.50	18.20	54.50
tamu setlemen	23.60	17.10	52.20
Kasir	23.30	17.00	53.50
Mushola	23.70	17.60	55.10
Pantry	23.40	17.40	55.10
Tamu	22.20	16.70	56.90

j. Lantai 7

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	83.68	11	0	1188	2614	31.24
Kabiro Tek Informasi	37.45	6	0	648	2503	66.83
Toilet	4.54	2	0	108	319	70.29
Kaur 1	10.95	1	0	108	147	13.42
Kaur 2	8.94	1	0	216	257	28.74
Kaur 3	10.95	2	0	216	367	0.00
Kaur 4	14.56	2	0	216	430	29.53
Staff Data	95.22	13	0	1512	3576	37.56
Program Office	21.98	3	0	324	774	35.21
Toilet	9.16	2	0	216	467	50.98
Rapat	18.35	2	0	216		
Staff Aplikasi	104.38	14	0	1512	4269	40.90
Penasehat1	50.20	6	0	648	2339	46.59
Penasehat2	19.12	2	0	216	1068	55.86
Penasehat3	15.12	2	0	216	1257	83.11
Toilet	4.92	2	0	216	337	68.52
Gudang pasif	4.04	1	0	108		0.00
Server	57.89	9	0	972	1831	31.63
Toilet	9.16					
Pemadam	5.31	0	0	0	0	0.00
Arsip	27.20	1	0	108	776	28.53
Staff Dukungan Teknis	62.89	15	0	1620	3286	52.25
Sekretaris	14.59	1	0	108	342	23.45
mushola	10.58	1+1L	0	144	592	55.98
toilet Umum	52.36	18	0	1156	2932	56.00
Gudang	10.58	1	0	144		
Pantry	10.67	4L	0	144	440	41.61
Total	774.79			12280		948.21

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	28.25		52.30
Kabiro Tek Informasi	25.40		53.75
Toilet	25.50		59.20
Kaur 1	24.20	17.60	53.00
Kaur 2	23.80		57.60
Kaur 3			
Kaur 4	24.00	16.90	49.40
Staff Data	24.55		57.15
Program Office	26.45		53.25
Toilet	26.70		58.80
Rapat			
Staff Aplikasi	27.57		52.23
Penasehat1	23.55		56.10
Penasehat2	23.00		57.40
Penasehat3	23.80		57.70
Toilet	22.80		60.80
Gudang pasif			
Server	22.68	14.43	40.53
Toilet			
Pemadam			
Arsip	24.30	17.10	53.00
Staff Dukungan Teknis	24.50	17.40	44.20
Sekretaris	23.30	16.50	50.30
mushola	26.20		53.20
toilet Umum	27.60		55.28
Gudang			
Pantry			

k. Lantai 8

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	107.51	9	0	324	2926	27.21
Kepala Biro Diklat						
toilet						
Rapat	22.01	2	0	216	428	19.44
Kaur 1	11.67	1	0	108	183	15.68
Kaur 2	11.67	1	0	108	203	17.40
Staf	20.00	14	0	1512	3663	183.15
Arsip	16.16	2	0	216	532	32.92
Kepala Divisi Operasi	20.00	4	0	432	2049	102.45
toilet	15.00	2	0	72	286	19.07
Rapat 1	10.82	2	0	72	286	26.42
Rapat 2	14.40	2	0	216	427	29.66
Kaur 1	10.47	1	0	108	310	29.61
Kaur 2	10.16	1	0	108	212	20.86
Kaur 3	14.84	2	0	216	535	36.05
Staf	12.00	21	0	2268	7839	653.25
Perpustakaan	41.52	6	0	648	1081	26.03
Rapat	36.33	6	0	648	1548	42.61
Kepala Biro Renbang	20.00	4	0	432	1169	58.45
toilet	15.00	2	0	72	171	11.40
kaur 1	10.74	1	0	108	231	21.50
kaur 2	10.74	1	0	108	233	21.69
kaur 3	10.74	1	0	108	256	23.83
Staf biro litbang	12.00	19*	0	2052	4619	384.92
Peneliti	15.58	2	0	216	711	45.65
staf	18.45	4*	0	432	689	37.34
kaur	8.80	2*		108	344.5	39.17
mushola	15.00	1*	0	108	148	9.87
toilet	15.00	2	0	72	261	17.40
Gudang	7.60	1	0	108	264	19.09
Pantry	5.71	2	0	216	820	143.53
Mushola	7.60	1	0	108	145	19.09
	547.53			11196		2107.51

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	21.55	18.33	50.98
Kepala Biro Diklat			
toilet			
Rapat	22.65	16.70	55.10
Kaur 1	24.40	17.60	51.50
Kaur 2	22.80	16.80	54.90
Staf	23.90	17.30	52.60
Arsip	24.95	17.95	50.65
Kepala Divisi Operasi	22.75	16.60	54.00
toilet	24.00	17.10	54.90
Rapat 1			
Rapat 2	23.00	16.70	51.80
Kaur 1	27.30	18.20	43.90
Kaur 2	25.90	17.60	43.90
Kaur 3	25.90	17.80	45.40
Staf	24.27	17.18	49.57
Perpustakaan	26.20	19.10	51.95
Rapat	23.30	17.10	54.10
Kepala Biro Renbang	25.90	18.20	47.70
toilet			
kaur 1	24.10	17.60	53.20
kaur 2	23.50	17.00	52.80
kaur 3	24.20	17.60	54.00
Staf biro litbang	24.15	17.77	53.73
Peneliti	25.10	18.60	53.70
staf	24.50	17.85	52.50
kaur			
mushola	24.20	18.20	56.70
toilet	24.10	18.50	58.20
Gudang	23.80	17.40	56.90
Pantry	23.70	17.60	55.40
Mushola	24.70	18.50	56.70

1. Lantai 9

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	126.15	20	0	2040	4312.00	34.18
Kepala Biro Personalia	31.33	7	0	700	2266.00	72.33
toilet	5.06	1	0	100	400.00	79.01
Kaur 1	8.17	6	0	600	360.00	44.09
Kaur 2	6.21	1	0	108	371.00	59.77
Kaur3	7.72	1	0	108	475.00	61.49
Kaur4	9.73	1	0	108	343.00	35.25
Kaur5	8.17	1	0	108	396.00	48.50
Staff	58.70	13	0	1404	6565.00	111.85
Sekretaris	7.25	2	0	216	752.00	103.68
Arsip	29.68	2	0	216		0.00
Kepala Sarana dan Prasarana	38.13	4	0	432	2226.00	58.38
toilet	5.06	1	0	100	121.00	23.90
Kaur 1	9.20	1	0	108	641.00	69.64
Kaur 2	5.90	1	0	108	685.00	116.10
Staf	85.72	14	0	1488	6744.00	78.68
Rapat	16.87	2	0	216	637.00	37.76
Kepala Biro Pengadaan	38.39	8	0	800	8491.00	221.19
Toilet			0			
Rapat	11.29	2	0	216	823.00	72.93
KAUR 1	11.63	1	0	108	650.00	55.89
KAUR 2	9.10	1	0	108	755.00	83.00
KAUR 3	7.85	1	0	108	429.00	54.63
Fotocopy	8.91	1	0	108	944.00	105.94
Arsip	9.18	1	0	108		0.00
Staff	31.51	7	0	108	3856.00	122.36
Tamu	18.65	3	0	324	1386.00	74.33
Sekretaris	6.81	1	0	108	358.00	52.55
Kabiro Hukum	27.83	6	0	100	1252.00	44.99
Rapat biiro hukum	23.39	8	0	100	1337.00	57.17
Staff Ahli	6.55	1	0	108	436.00	66.55
Kaur 1	6.55	1	0	108		
Kaur 2	10.41	1	0	108		
Staff	40.90	1	0	108		
mushola	7.03	1	0	144	310.00	44.08
toilet Umum	37.01	18	0	10286	2568.00	69.38

Gudang	9.24	1	0	144	188.00	20.35
Pantry	5.98	1	0	144	135.00	14.61
Total	787.25			21606		2194.56



Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	24.29		61.39
Kepala Biro Personalia	26.83		51.63
toilet	26.90		55.30
Kaur 1	23.80		58.00
Kaur 2	23.90		57.60
Kaur3	23.70		58.50
Kaur4	23.20		59.00
Kaur5	24.10		57.00
Staff	25.70		53.18
Sekretaris	26.80		50.10
Arsip			
Kepala Sarana dan Prasarana	24.90		66.05
toilet			
Kaur 1	24.50	19.00	59.60
Kaur 2	24.10	19.40	64.30
Staf	27.60	53.10	53.00
Rapat	24.00	18.90	62.40
Kepala Biro Pengadaan	25.15		56.38
Toilet			
Rapat	25.50		52.10
KAUR 1	25.30		55.20
KAUR 2	25.60		55.90
KAUR 3	26.50		51.40
Fotocopy	27.60		49.30
Arsip	26.00		52.80
Staff	26.00		52.80
Tamu			
Sekretaris	25.80		53.60
Kabiro Hukum	25.30		52.20
Rapat biiro hukum	25.15		55.30
Staff Ahli	24.20		65.40
Kaur 1	23.90		59.10
Kaur 2	24.10		57.90
Staff	24.68		55.58
mushola	26.20		53.20
toilet Umum	27.60		55.28
Gudang	23.80	18.10	57.80
Pantry			

m. Lantai 10

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby						
Biro Manajemen Resiko	90.00	17	0	1836	5764	64.04
Kepala Biro	16.38	4	0	432	1521	92.85
toilet	5.00	2	0	72	388	77.60
Kaur 1	8.16	1	0	108	346	42.40
Kaur 2	8.16	1	0	108	376	46.08
kaur 3	8.79	1	0	108	325	36.97
Kaur 4	9.44	2	1 lampu	180	700	74.17
Ibu Ketua	15.74	2	0	216	1330	84.49
Sekretaris	18.06	2	0	216	1110	61.48
koridor toilet		0	0	0	0	
toilet	10.00	2	0	136	507	50.70
Serikat Pekerja	34.18	4	1 lampu	396	1686	49.33
gudang PKP	40.08	6	4 lampu	504	1270	31.69
rapat	15.19	2	0	216	1065	70.10
kepala biro	29.08	3	0	216	1905	65.51
toilet	5.00	2	0	72	203	40.60
kaur 1	11.70	2	1 lampu	180	1058	90.43
Kaur 2	12.01	2	0	216	1509	125.62
staf	80.00	17	14 lampu	1332	9359	116.99
Pengelola gedung 1	47.33	4	0	432	1403	29.64
arsip	17.17	2	0	208	584	34.01
staf ahli 1	23.44	2	0	216	724	30.89
rapat	24.52	3	0	324	927	37.81
staf ahli 2	19.22	2	0	216	541	28.14
staf ahli 3	10.39	2	0	216	559	53.81
staf ahli 4	10.39	10	0	1080	2747	264.39
koridor toilet						
toilet						
Manager	10.61	1	0	108	451	42.51
Pengelola gedung 2	9.82	3		324	995	101.36
Mushola	5.73	1	0	100	15	2.62
Pantry	3.10	1	1 lampu	72	332	107.10
Toilet Pria						
Toilet Wanita						
	598.69			9840		1953.31

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	26.0	18.6	49.2
Biro Manajemen Resiko	22.9	17.3	58.2
Kepala Biro	23.0	17.1	57.1
toilet	23.1	17.4	57.2
Kaur 1	23.0	17.3	57.4
Kaur 2	23.3	17.4	56.4
kaur 3	23.1	17.4	56.9
Kaur 4	23.3	17.5	57.4
Ibu Ketua	23.6	17.5	55.2
Sekretaris	23.4	17.2	54.6
koridor toilet	24.0	17.9	55.9
toilet	24.4	18.5	56.8
Serikat Pekerja	24.0	18.0	55.5
gudang PKP	23.4	17.5	55.9
rapat	23.1	16.5	51.2
kepala biro	23.2	16.9	53.4
toilet	23.3	17.1	54.0
kaur 1	23.3	17.3	55.6
Kaur 2	23.3	17.3	55.7
staf	23.5	17.9	58.7
Pengelola gedung 1	23.0	17.4	57.5
arsip	25.3	18.2	50.5
staf ahli 1			
rapat	23.5	17.5	55.7
staf ahli 2	23.0	16.8	54.1
staf ahli 3	23.0	17.0	55.1
staf ahli 4	23.0	16.9	54.4
koridor toilet			
toilet			
Manager	24.5	17.2	48.4
Pengelola gedung 2	24.3	17.2	49.8
Mushola	23.9	18.2	58.2
Pantry	24.5	17.9	50.9
Toilet Pria			
Toilet Wanita			

n. Lantai 11

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
Lobby	46.27	20	0	2256	2777	60.02
melati	66.41	15	0	1254	1190	17.92
koridor toilet	13.04	3	0	236	456	34.96
toilet	5.00	2	0	118	143	28.60
mawar 1	97.02	0	0	0	0	0.00
mawar 2	57.53	16	5	824	2524	43.87
gudang	10.29	2	0	108	861	83.64
kepala	10.16	2	0	108	751	73.90
pantry	10.29	2	0	108	639	62.08
koridor	16.01	5	0	236	60	3.75
toilet	5.00	2	0	118	302	60.40
anggrek	287.93	61	1	5438	18149	63.03
dahlia 2	50.05	15	0	1224	4669	93.29
dahlia 1	68.23	18	3	1224	3865	56.65
gudang						
Toilet						
koridor 1	41.89	9	0	900	1297	30.96
koridor 2	42.17	8	0	800	1357	32.18
toilet wanita	20.00	8	0	290	1253	62.65
toilet pria	30.00	9	0	326	2180	72.67
	877.30			15568		880.57

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
Lobby	24.2	18.7	58.9
melati	23.9	18.1	58.3
koridor toilet	24.1	18.4	59.3
toilet	24.5	19.0	54.6
mawar 1			
mawar 2	22.8	17.2	58.8
gudang	20.9	15.8	59.1
kepala	23.9	17.5	53.5
pantry	22.5	16.5	54.8
koridor	23.2	17.6	58.1
toilet	23.8	18.0	56.7
anggrek	24.6	17.9	52.0
dahlia 2	23.7	16.8	49.6
dahlia 1	22.4	16.0	52.5
gudang			
Toilet			
koridor 1	23.7	18.5	61.0
koridor 2	23.6	17.8	57.2
toilet wanita	25.0	19.1	57.4
toilet pria	24.6	19.6	67.4

o. Lantai 12

Sistem Pencahayaan

Ruang	Luas	Pencahayaan			Intensitas	
	m2	jmlh	mati	watt	lux	lux/m2
lobby utama	40.00	7	0	378	1880	47.00
Kavid Investasi langsung	31.29	4	0	216	1980	63.27
Toilet						
Sekretaris	8.71	1	0	54	288	33.05
kaur saham	9.56	1	0	54	594	62.12
Dialling room 1	21.92	4	0	216	2220	101.28
koridor sekretaris	12.33	1	0	54	296	24.01
Dialling room 2	20.81	4	0	216	2345	112.71
Dialling room 3	23.50	4	0	216	2441	103.88
Kaur 1	8.90	2	0	108	1250	140.39
Kaur 2	8.90	1	0	54	472	53.01
kavid operasi investasi	27.23	5	0	270	2009	73.78
toilet	5.00	2	0	36	213	42.60
sekretaris kavid operasi	36.72	5	0	270	1640	44.67
Gudang 1	13.19	4	0	216	1853	140.45
Direktur investasi	45.25	9	0	624	3883	85.81
Gudang 2	54.88	6	0	324	3036	55.32
Toilet	5.00	2	0	36	239	47.80
kavid pengolahan portopolio	29.89	2	0	108	899	30.08
Toilet	10.00	2	0	36	576	57.60
Rapat	14.86	1	0	54	392	26.39
Kaur 1	13.13	1	0	54	283	21.55
kaur 2	10.81	1	0	54	245	22.67
kaur 3	10.81	1	0	54	225	20.82
satf 1	5.42	1	0	54	161	29.72
staf 2	5.42	1	0	54	329	60.74
staf 3	5.30	1	0	54	457	86.28
staf 4	5.30	1	0	54	530	100.06
staf 5	5.88	1	0	54	530	90.17
staf 6	5.49	2	0	108	1166	212.37
staf 7		0	0	0	0	
staf 8		0	0	0	0	
staf 9	12.72	1	0	54	794	62.40
staf 10	3.61	1	0	54	944	261.26
staf 11	5.41	2	0	108	2004	370.15
staf 12	6.14	1	0	54	631	102.71
lobby staf	124.23	5	0	270	2917	23.48

satf 13	6.19	1	0	54	255	41.20
staf 14	3.95	1	0	54	217	54.96
staf 15	3.04	1	0	54	146	48.06
staf 16	3.04	1	0	54	199	65.50
kaur 4	8.71	1	0	54	302	34.66
kaur 5	8.71	1	0	54	292	33.51
lobi dalam	37.05	4	0	216	1132	30.55
Gudang	12.65	1	0	54	136	10.75
Pantry	9.29	1	2L	18	67	7.21
Mushola	16.01	2	0	72	498	31.10
	756.26			5304		3167.08

Sistem Tata Udara

Ruang	Temperatur		
	DB	WB	RH
lobby utama	20.40	17.00	60.10
Kavid Investasi langsung	20.60	14.60	52.70
Toilet			
Sekretaris	24.30	19.10	61.10
kaur saham	26.10	18.50	48.90
Dialling room 1	26.30	19.00	50.50
koridor sekretaris	24.60	19.00	59.30
Dialling room 2	24.20	18.00	54.40
Dialling room 3	25.60	18.90	53.60
Kaur 1	24.80	18.00	52.60
Kaur 2	25.10	18.60	53.80
kavid operasi investasi	24.30	18.40	57.20
toilet	24.20	18.40	57.60
sekretaris kavid operasi	24.05	18.00	55.55
Gudang 1	24.40	18.60	56.30
Direktur investasi	25.00	18.90	55.90
Gudang 2	25.28	18.90	55.00
Toilet	26.00	19.60	55.80
kavid pengolahan portopolio	25.00	18.50	53.70
Toilet	25.10	19.30	56.40
Rapat	27.60	18.70	47.80
Kaur 1	26.10	19.10	51.30
kaur 2	25.50	18.60	51.70
kaur 3	24.50	17.90	52.50
satf 1	25.10	18.40	53.20

staf 2	23.30	18.80	54.20
staf 3	25.40	18.70	53.60
staf 4	26.10	19.10	52.60
staf 5	25.50	18.60	52.40
staf 6	25.20	18.60	51.70
staf 7	25.70	18.80	52.20
staf 8	25.90	18.90	51.80
staf 9	26.30	19.60	51.70
staf 10	26.00	19.30	52.90
staf 11	26.30	19.20	53.20
staf 12	26.20	19.10	51.80
lobby staf	25.50	18.60	52.15
staf 13	25.32	19.10	56.40
staf 14	25.30	19.10	56.30
staf 15	25.50	19.40	57.00
staf 16	25.60	19.70	59.00
kaur 4	25.40	19.00	55.30
kaur 5	25.20	19.00	53.50
lobi dalam	25.17	19.20	57.27
Gudang	25.40	19.70	59.60
Pantry	25.20	19.70	60.90
Mushola	24.60	18.90	59.20