

**SKRIPSI**

**ANALISIS KONSUMSI DAN POTENSI PENGHEMATAN ENERGI  
PADA GEDUNG  
(Studi Kasus di Perusahaan Minyak dan Gas Sumatera Selatan)**

**No. Soal: TKI 4598T / I-2010 / 2011 / AD / 01 / 27.07 / 2010**



**Disusun Oleh:**

**Hadi Tama Waskito**  
**06/193715/TK/31576**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA  
2010**

## PENGESAHAN

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
guna memperoleh gelar **SARJANA**  
di Program Studi Teknik Industri  
Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada  
Yogyakarta

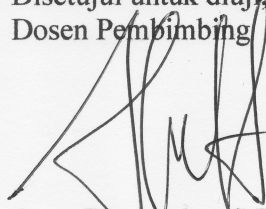
Disusun Oleh :

Nama : Hadi Tama Waskito

NIM. : 06/193715/TK/31576

Disetujui untuk diuji  
Dosen Pembimbing

30/11/2010



Agus Darmawan, S.T., M.S.  
NIP.



## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 26 Oktober 2010



Hadi Tama Waskito



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**

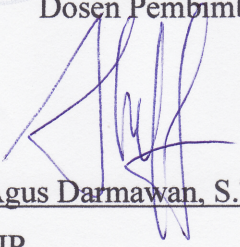
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN DAN PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

**NASKAH SOAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Hadi Tama Waskito  
Nomor Mahasiswa : 06/193715/TK/31576  
Topik Tugas Akhir : Ergonomi  
Program Studi : Teknik Industri  
Nomor Soal : TKI 4598T / I-2010 / 2011 / AD / 01 / 27.07 / 2010  
Judul : Analisis Konsumsi dan Potensi Penghematan Energi Pada Gedung (Studi Kasus di Perusahaan Minyak dan Gas Sumatera Selatan)

Yogyakarta, 27 Juli 2010

Dosen Pembimbing,



Agus Darmawan, S.T., M.S.

NIP.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil alamin, wassholatu wassalamu ala anbiyai walmursaliin, wa ala alihi wa ashabihi ajmain. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhana wa ta'ala karena atas kemudahan dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ **Analisis Konsumsi dan Potensi Penghematan Energi pada Gedung** ”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Suhanan, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
2. Bapak Ir. Subagyo, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
3. Bapak Ir. Subagio, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala bimbingan dan kemudahan yang telah diberikan selama menuntut ilmu di bangku kuliah.
4. Bapak Agus Darmawan, S.T., M.S., atas segala bantuan, petunjuk dan motivasi yang telah diberikan selama Tugas Akhir.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen selaku tenaga pengajar di JTMI FT UGM.
6. Seluruh Dosen Tim Audit Energi di JTMI FT UGM.
7. Seluruh karyawan Tata Usaha di JTMI FT UGM.
8. Teman-teman dan para sahabat mahasiswa Teknik Industri di JTMI FT UGM, khususnya angkatan 2006.
9. Keluarga di Jombang terutama Bapak, Ibu, Adik Wulan, Adik Caca yang selalu memberi *support*.
10. Teman-teman seperjuangan: Wahyu, Ambar, Mirza, Arma, Subhan, Anggoro, Ipul, Erik, Anam, Kunto dan Sigit, mari segera selesaikan misi kita.



11. Teman-teman kos “ Wisma Al-Kahfi”: Bayu, Mas Bara, Mustofa, Ardi, Adit, Umam, Heri, Riski, Teguh, Hawin, Eka.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan diri penulis sehingga tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan. Harapan Penulis adalah bahwa karya yang masih jauh dari sempurna ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Yogyakarta, 26 November 2010

Penulis



## HALAMAN PERSEMBAHAN

قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴿١٦٢﴾

Katakanlah, “Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku dan Matiku  
Hanyalah untuk Allah, Tuhan Semesta Alam”.

(Al An’Aam : 162)

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk kedua orangtua saya, adik saya, semua keluarga di Jombang dan juga sahabat-sahabat yang selalu memberi dukungan dan inspirasi.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
3.1. Energi .....	6
3.2. Manajemen Energi .....	7
3.3. Konservasi Energi .....	7

3.4. Teori Dasar Listrik .....	8
3.5. Pencahayaan .....	9
3.5.1 Sistem pencahayaan .....	9
3.5.2. Penilaian pencahayaan .....	12
3.5.3 Jenis-jenis sistem pencahayaan .....	13
3.6. Komponen Pencahayaan .....	23
3.6.1. Luminer/reflektor .....	23
3.6.2. Gir.....	25
3.7. Pengkajian Sistim Pencahayaan .....	26
3.8. Beban Pendinginan.....	28
3.8.1 Metoda Perhitungan Beban Pendinginan .....	28
3.8.1.1 Perpindahan kalor konduksi .....	29
3.8.1.2 Kalor radiasi surya .....	29
3.8.1.3 Beban pendinginan dari lampu dan peralatan listrik .....	30
3.8.1.4 Beban pendinginan yang berasal dari penghuni.....	31
3.8.1.5 Beban pendinginan akibat infiltrasi udara.....	31
3.9. Kapasitas Pendinginan AC ( <i>cooling capacity</i> ).....	31
3.10. Teori Peluang Penghematan Energi .....	32

#### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....**

4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	33
4.2. Alat Ukur yang Digunakan .....	33
4.2.1. <i>Digital clamp</i> meter.....	33
4.2.2. kWh meter .....	33
4.2.3. <i>Anemometer</i> .....	34
4.2.4. <i>Higrometer</i> .....	34
4.2.5. <i>Luxmeter</i> .....	34
4.2.6. <i>Thermometer</i> .....	34
4.2.7. <i>Ultrasonic flowmeter</i> .....	34
4.3. Pengumpulan Data .....	35
4.3.1. Data bangunan.....	35



4.3.2. Data <i>layout</i> bangunan dan sistem elektrikal.....	35
4.3.3. Data pemakaian listrik.....	36
4.3.4. Data waktu operasional pemakaian dari setiap peralatan .....	36
4.3.5. Data pencahayaan ruangan.....	36
4.3.6. Data pemakaian air.....	36
4.4. Pengolahan Data.....	37
4.4.1. Audit energi awal .....	37
4.4.2. Audit energi rinci .....	38
4.5. Diagram Alir Penelitian .....	39
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
5.1. Audit Awal .....	41
5.2. Audit Rinci .....	43
5.3. Analisis Konsumsi Energi Tiap Gedung.....	46
5.3.1. Analisis potensi penghematan energi.....	54
5.3.2. Analisis penghematan pada AC .....	55
5.3.2.1. Potensi penghematan energi pada AC .....	60
5.3.3. Analisis penghematan pada lampu.....	62
5.3.3.1. Optimasi penghematan energi pada lampu.....	65
5.3.4. Analisis ekonomi peluang penghematan pada lampu .....	69
5.4. Perhitungan IKE Rekomendasi .....	70
5.4.1. Peluang penghematan energi rekomendasi .....	71
5.5. Analisis Konsumsi pada Air.....	72
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>76</b>
6.1. Kesimpulan .....	77
6.2. Saran dan Rekomendasi .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lampu pijar .....	14
Gambar 3.2 Lampu halogen tungsten .....	15
Gambar 3.3 Lampu Neon .....	17
Gambar 3.4 CFL .....	17
Gambar 3.5 Lampu uap sodium .....	18
Gambar 3.6 Lampu uap merkuri .....	20
Gambar 3.7 Lampu kombinasi .....	22
Gambar 3.8 Lampu metal hida .....	22
Gambar 3.9 Optik kaca luminer .....	25
Gambar 4.1 Bagan alur proses penelitian .....	39
Gambar 5.1 Persentase penggunaan energi gedung bagian luar .....	45
Gambar 5.2 Persentase penggunaan IKE gedung bagian luar .....	46
Gambar 5.3 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Anggrek .....	46
Gambar 5.4 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Bougenvile .....	47
Gambar 5.5 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Cempaka .....	48
Gambar 5.6 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Edelweis .....	48
Gambar 5.7 Penggunaan Energi Listrik pada Gedung Serbaguna .....	49
Gambar 5.8 Penggunaan Energi Listrik pada Kantin dan Wisma Dahlia .....	50
Gambar 5.9 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Kembar .....	50
Gambar 5.10 Penggunaan Energi Listrik pada Masjid .....	51
Gambar 5.11 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Putri .....	52
Gambar 5.12 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Raflesia .....	52
Gambar 5.13 Penggunaan Energi Listrik pada Wisma Teratai .....	53
Gambar 5.14 Persentase penggunaan listrik tiap peralatan .....	55
Gambar 5.15 <i>Screenshot software DIALux 4.8</i> .....	62
Gambar 5.16 Sebaran cahaya pada Wisma Anggrek .....	63
Gambar 5.17 Sebaran cahaya pada Wisma Bougenvile .....	64
Gambar 5.18 Sebaran cahaya pada Masjid .....	64
Gambar 5.19 Sebaran cahaya pada Ruang Administrasi .....	65



Gambar 5.20 Simulasi Kamar 101 .....	66
Gambar 5.21 Sebaran cahaya pada kamar 101 .....	66
Gambar 5.22 Simulasi pada Ruang Administrasi .....	67
Gambar 5.23 Sebaran cahaya pada Ruang Administrasi .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik kinerja pencahayaan .....	25
Tabel 3.2 Tingkat penerangan pencahayaan .....	27
Tabel 4.1 IKE Standar .....	37
Tabel 5.1 kVA panel listrik .....	41
Tabel 5.2 Luasan area .....	41
Tabel 5.3 IKE awal .....	42
Tabel 5.4 Perbandingan IKE awal vs IKE standar .....	43
Tabel 5.5 Estimasi waktu operasi berdasarkan aktifitas .....	43
Tabel 5.6 Hasil IKE audit rinci .....	44
Tabel 5.7 Penggunaan peralatan listrik tiap gedung .....	53
Tabel 5.8 Peluang penghematan energi .....	54
Tabel 5.9 Peluang Penghematan pada AC .....	56
Tabel 5.10 Peluang penghematan AC pada suhu 24 <sup>0</sup> C .....	60
Tabel 5.11 Peluang penghematan AC pada suhu 25 <sup>0</sup> C .....	61
Tabel 5.12 Peluang penghematan AC pada suhu 26 <sup>0</sup> C .....	61
Tabel 5.13 Peluang Penghematan Energi pada Lampu .....	68
Tabel 5.14 Penghematan Listrik pada Lampu .....	69
Tabel 5.15 Perhitungan Energi Rekomendasi Tiap Alat .....	70
Tabel 5.16 Perhitungan Energi dan IKE Rekomendasi .....	71
Tabel 5.17 Perhitungan Energi Rekomendasi .....	71
Tabel 5.18 Nama Pipa dan Tujuannya .....	72
Tabel 5.19 Hasil Pencatatan pada Wisma Cempaka .....	73
Tabel 5.20 Estimasi penggunaan air dalam waktu satu hari .....	73
Tabel 5.21 Hasil perhitungan penggunaan air tiap gedung .....	74
Tabel 5.22 Perbandingan hasil pengukuran dengan Standar .....	75



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

E	= energi listrik (joule), (kWh)
V	= beda potensial (volt)
I	= kuat arus (ampere)
t	= selisih waktu (detik), (menit), (jam)
P	= daya listrik (kW)
$\Phi$	= flux pencahayaan (lm)
$E_m$	= iluminasi (lux)
A	= luas permukaan ( $m^2$ )
$\Phi$	= flux pencahayaan (lm)
I	= intensitas cahaya (cd)
Q	= energi kalor (Btu), (joule)
U	= koefisien perpindahan kalor total, ( $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$ )
$T_o$	= temperatur udara di luar ruang ( $^\circ C$ )
$T_i$	= temperatur udara di dalam ruang ( $^\circ C$ )
$h_o$	= koefisien perpindahan kalor konveksi pada permukaan luar ( $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$ )
$h_i$	= koefisien perpindahan kalor konveksi pada permukaan dalam ( $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$ )
x	= tebal bahan penyusun dinding, dan celah udara (m)
k	= konduktivitas bahan penyusun dinding ( $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$ )
n	= jumlah lapisan penyusun dinding
SHGF	= <i>solar heat gain factor</i>
SC	= <i>shade coefficient</i>
CLF	= <i>cooling load factor for glass</i>
n	= jumlah lampu
w	= kapasitas lampu
BF	= <i>ballast factor</i>
UF	= faktor pemakaian (persentase jumlah lampu yang menyala)
$\Delta IKE$	= selisih IKE rinci – IKE standar
$\Delta IKE_r$	= selisih IKE rinci – IKE rekomendasi

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah Wisma Anggrek .....	81
Lampiran 2 Denah Wisma Bougenvile .....	82
Lampiran 3 Denah Wisma Cempaka .....	83
Lampiran 4 Denah Wisma Edelweis .....	84
Lampiran 5 Denah Gedung Serbaguna .....	85
Lampiran 6 Denah Kantin & Wisma Dahlia .....	86
Lampiran 7 Denah Wisma Kembar .....	87
Lampiran 8 Denah Masjid .....	88
Lampiran 9 Denah Wisma Putri .....	89
Lampiran 10 Denah Wisma Raflesia .....	90
Lampiran 11 Denah Wisma Teratai .....	91
Lampiran 12 Titik-Titik Hasil Simulasi .....	92
Lampiran 13 Standar Tingkat Pencahayaan Minimum .....	93
Lampiran 14 Rekap Penghematan Listrik pada Lampu .....	94
Lampiran 15 Biaya Investasi Lampu .....	95
Lampiran 16 Perhitungan <i>Cooling Load</i> .....	96
Lampiran 17 Hasil Simulasi Wisma Kembar .....	97
Lampiran 18 Hasil Optimasi Wisma Kembar .....	99
Lampiran 19 Penggunaan AC Wisma Kembar .....	101
Lampiran 20 Penggunaan Peralatan Elektronik Wisma Kembar .....	102
Lampiran 21 Penggunaan Lampu Wisma Kembar .....	103
Lampiran 22 Hasil pengukuran dengan <i>Ultrasonic Flowmeter</i> .....	104
Lampiran 23 Uji Statistik Hasil Pengukuran dengan <i>Software</i> .....	105
Lampiran 24 Penyesuaian Kelembaban Ruangan .....	106
Lampiran 25 Validasi Pengukuran dengan Simulasi Pencahayaan .....	107



## INTISARI

Energi sangat penting dalam dunia perindustrian. Hal ini dikarenakan energi sangat dibutuhkan untuk menunjang kegiatan operasional dalam suatu perusahaan. Energi yang digunakan pada perusahaan ini berasal dari gas dan minyak bumi. Dari gas tersebut dikonversi menjadi energi listrik untuk menjalankan seluruh proses produksi dan kegiatan administrasi lainnya.

Pada studi energi ini dilakukan perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) pada tiap gedung untuk menentukan apakah IKE pada gedung tersebut telah sesuai dengan standar IKE yang ditetapkan. Dari hasil studi energi menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik pada *Air Conditioning* (AC) adalah yang paling dominan. Sebagaimana menurut persentase energi yang terpakai, komposisi energi listrik pada AC dapat mencapai 71% dari total konsumsi energi listrik, sedangkan lampu 16%, 8% peralatan elektronik, 5% *heater*.

Hasil perhitungan secara rinci menunjukkan adanya peluang penghematan pada AC dan lampu. Dalam upaya menentukan peluang penghematan pada AC dilakukan perhitungan *cooling load* (beban pendinginan) ruangan yang dibutuhkan. Sedangkan penghematan pada lampu dengan mensimulasikan kondisi pencahayaan ruangan menggunakan *software* DIALux 4.8. Dari penelitian diperoleh rekomendasi penghematan energi listrik melalui aspek perilaku dalam penggunaan AC dan penggantian lampu untuk memenuhi standar kenyamanan ruangan.

**Kata kunci:** IKE, energi, gedung, *coolingload*, DIALux

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi dewasa ini makin meluas seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari. Dengan melihat manfaat penggunaan energi maka terlihat jelas bahwa energi tidak dapat lepas dari kehidupan manusia.

Dengan mengetahui besarnya jumlah energi yang terpakai, diharapkan dapat dilakukan suatu program penghematan energi, sehingga dalam penggunaannya mengarah tepat guna dan efisien. Karena dengan pemakaian energi yang efisien menyebabkan keseimbangan energi di alam ini.

Sektor energi mempunyai peran yang sangat penting dalam mewujudkan pembangunan nasional yang berkelanjutan. Oleh karena itu pengelolaan energi, penyediaan dan pemanfaatan energi perlu dilaksanakan secara optimal, arif dan bijaksana. Dan juga dilandasi oleh pertimbangan obyektif mencakup aspek: lingkungan, kepentingan antar generasi, kebutuhan energi, sosial politik, geopolitik, dan ekonomi. Keenam aspek tersebut merupakan kriteria penting yang dipersyaratkan dalam pemanfaatan energi untuk pembangunan berkelanjutan.

Dalam dunia perindustrian, terutama industri perminyakan energi sangatlah penting, terutama dalam penggunaan energi listrik, porsi pemakaian serta alokasi dana untuk penyediaannya adalah cukup besar. Hal ini dapat dilihat bahwa peralatan seperti lampu-lampu, *lift*, lemari es, *laundry*, pemanas, pompa-pompa, sampai pada sistem pengkondisian udara adalah beberapa alat yang dominan dalam operasional di gedung atau perkantoran dalam industri.

Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan yang mendayagunakan energi minyak di bumi ini. Perusahaan ini bergerak di bidang *exploration* dan *production* minyak bumi. Selain bidang eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi, juga memproduksi LPG, pendistribusian bahan bakar disel dan pembangkit tenaga listrik. Saat ini beroperasi di 15 wilayah kerja minyak dan gas di Indonesia

yang tersebar dari Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Papua, serta di satu wilayah kerja minyak di Oman, satu wilayah kerja minyak dan gas di Libya, satu wilayah kerja minyak dan gas di Tunisia, satu wilayah kerja minyak dan gas di Yaman, dan 12 wilayah kerja di Amerika Serikat.

Di wilayah Indonesia bagian Sumatra, memiliki *plant* di Sumatra Selatan dan Lampung. Di Sumatra Selatan, memiliki Rimau Asset dan South Sumatra Extension (SSE) sebagai pusat eksplorasi dan produksi minyak di Sumatra. Sedangkan di Lampung merupakan *plant* pendukung yang beroperasi menghasilkan *bioethanol*. Di Rimau Asset sendiri memiliki tiga buah stasiun yakni Stasiun Kaji, Stasiun Semoga, dan Stasiun Kaji Satellite.

Di Rimau Asset selama beberapa periode berjalan merasakan adanya penurunan produksi minyak yang dihasilkan dalam tahun-tahun ini. Hal ini menimbulkan beberapa indikasi bahwa perlu adanya evaluasi dan audit penggunaan energi yang digunakan selama proses operasional maupun non operasional. Hal ini sangatlah penting dilakukan audit untuk menelusuri penggunaan energi, sehingga dapat diketahui ke mana sajakah energi tersebut terbuang, dalam bentuk apa sajakah energi terbuang, dan untuk apa sajakah energi terbuang, serta hal yang perlu diperbaiki dalam penggunaan energi tersebut. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis melakukan audit energi pada perusahaan ini.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengetahui IKE (Intensitas Konsumsi Energi) gedung bagian luar yang digunakan sehingga dapat diketahui peluang penghematan energi, analisis ekonomi serta rekomendasi perbaikan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki berbagai macam batasan masalah, antara lain:

1. Pengukuran dilakukan di gedung bagian luar.
2. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan analisis data-data historis.
3. Penelitian energi pada gedung meliputi audit listrik, audit penerangan,

audit pengkondisian udara, dan audit air.

4. Analisis peluang penghematan energi didasarkan secara ekonomi teknik, dan ergonomis.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui tingkat konsumsi energi pada tiap gedung.
2. Mengetahui potensi penghematan energi pada tiap gedung.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Dapat mengetahui nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) tiap *building* dan *facilities* selama satu periode.
2. Dapat mengetahui biaya pembayaran sesuai pemakaian dan analisis ekonomi dari peluang penghematan energi.
3. Dapat mengetahui sistem yang bekerja secara baik atau tidak berdasarkan kondisi aktual di lapangan.
4. Dapat mencari peluang-peluang untuk penghematan energi dan penghematan biaya berdasarkan kondisi aktual di lapangan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian tentang audit energi gedung sudah banyak dilakukan sebelumnya. Salah satunya dari sebuah penelitian yang dilakukan oleh Hasan, dkk(2009). Penelitian tersebut meneliti pemakaian *Air Conditioning* (AC) pada gedung perkantoran dan ruang kuliah di UPI. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk menghitung besar energi atau daya listrik yang terpakai untuk mengoperasikan semua atau satu unit AC pada masing-masing gedung baru UPI (fakultas dan lembaga) per bulannya. Menganalisis lama satu unit AC dioperasikan dalam satu hari. Menghitung besar dana untuk biaya pemakaian daya/energi listrik yang harus dikeluarkan UPI dalam mengoperasikan semua unit AC per bulan dan satu unit saja. Menganalisis cara untuk mengefisienkan pemakaian satu unit AC.

Hasil penelitian dari dosen UPI tersebut menyebutkan bahwa cara untuk mengefisienkan pemakaian satu unit AC, adalah pemakaian pesawat AC disesuaikan dengan kebutuhan temperatur, dimana temperatur yang ideal sekitar 25°C sampai dengan 20°C. Selain itu pesawat AC dipadamkan (*off*) jika ruang kerja tidak dipergunakan dalam jangka cukup lama (ada keperluan keluar lebih dari tiga jam).

Penelitian lain tentang audit energi juga pernah dilakukan oleh Rianto (2007) pada Hotel Santika Premiere Semarang. Hasil dari penelitian yang telah ia lakukan menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik adalah yang paling dominan. Sebagaimana menurut persentasi energi yang dipakai, komposisi energi listrik dapat mencapai 91% dari total konsumsi energi, sedangkan solar 6%, air 3%. Berdasarkan audit energi awal terlihat bahwa IKE di Hotel Santika Premiere mencapai 341,683 kWh/m<sup>2</sup> year lebih besar dari standar ASEAN-USAID yaitu 300 kWh/m<sup>2</sup> year. Berdasarkan hasil audit energi rinci, diperoleh harga IKE untuk energi listrik adalah sebesar 403,08 kWh/m<sup>2</sup> year.

Rianto(2007) juga menyebutkan bahwa salah satu metode yang sekarang dipakai untuk mengefisienkan pemakaian energi adalah konservasi energi. Cara konservasi energi yang digunakan adalah dengan pembersihan pada unit FCU yaitu meliputi pembersihan saringan udara (*filter*), sudu kipas, sirip (*fin*) evaporator dan kisi keluaran (*grill*) pada unit-unit FCU. Cara konservasi energi yang kedua adalah dengan mengatur (*setup*) temperatur air keluar (*Leaving Chilled Water Temperature* = LCWT) pada *chiller*.

Pada penelitian audit energi yang lain, metode konservasi energi juga pernah dilakukan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Handoyo dan Jonathan (2007) menyebutkan bahwa cara konservasi energi adalah dengan perbaikan proses agar tidak menimbulkan *cycle delay* di mesin. Cara lain yang dilakukan adalah penggunaan optimasi disain untuk membantu *setting* parameter proses tiap *cycle* agar tidak terjadi penghentian proses produksi, penyediaan matras yang benar-benar sudah siap dipakai untuk mengurangi waktu *standby*, dan pemeliharaan berkala. Metode ini digunakan untuk memecahkan masalah konsumsi energi listrik melebihi batas di PT.MMM.

Metode konservasi energi juga pernah dilakukan oleh Setyodewanti (2006). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa melalui perbaikan perilaku kerja memberikan pengaruh signifikan penghematan energi. Pada penelitian audit energi yang telah dilakukannya perbaikan perilaku kerja memberikan potensi penghematan energi sebesar 17% dan dari segi pencahayaan didapatkan penghematan energi sebesar 5,38% di gedung DPRD Tingkat II Kota Surabaya.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Energi

Energi adalah suatu besaran yang secara konseptual dihubungkan dengan transformasi, proses atau perubahan yang terjadi. Besaran ini seringkali dikaitkan dengan perpindahan sebuah gaya atau perubahan temperatur, sehingga memungkinkan penentuan satuan joule (perpindahan gaya satu Newton sejauh satu meter), maupun kalor jenis (energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur sebesar satu derajat per satuan massa material). Dalam keperluan praktis, energi sering kali dikaitkan dengan jumlah bahan bakar atau konsumsi jumlah listrik. (Rianto, 2007)

Setiap zat sebenarnya mengandung sejumlah energi di dalamnya yang disebut energi dalam. Dalam suatu proses zat dapat melepaskan sebagian energi dalamnya (dalam proses pembakaran) atau menyimpan energi-energi yang berasal dari lingkungan (pemanasan suatu zat).

Dalam melakukan analisis energi suatu sistem, harus dilakukan berbagai proses perhitungan yang melibatkan jumlah material/zat dan energi. Oleh karena itu perlu dipahami berbagai satuan yang sering digunakan dalam menyatakan besar atau jumlah dari suatu besaran.

Untuk menyatakan jumlah material, ada beberapa besaran yang dapat digunakan, yaitu :

1. Massa, dengan satuan kg, lbm, ton dan sebagainya.
2. Volume, dengan satuan liter, m<sup>3</sup>, gallon dan sebagainya.

Untuk menyatakan jumlah energi, ada beberapa satuan yang digunakan, misalnya Joule, t.lbf, kWh, Btu dan sebagainya. Satuan Joule merupakan satuan Standard International (SI) yang biasa digunakan untuk semua bentuk energi. Sedangkan kWh adalah satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan energi-listrik, Btu adalah satuan yang biasanya digunakan untuk menyatakan energi termal.

### 3.2 Manajemen Energi

Manajemen berasal dari kata "*to manage*" yang berarti mengatur, mengurus atau mengelola. Banyak definisi yang telah diberikan oleh para ahli terhadap istilah manajemen ini. Namun ada satu yang dapat dijadikan pegangan dalam memahami manajemen tersebut, yaitu: manajemen adalah suatu proses yang terdiri dari rangkaian kegiatan, seperti perencanaan, pengorganisasian, penggerakan dan pengendalian atau pengawasan, yang dilakukan untuk menentukan dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan melalui pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber daya lainnya.

Sedangkan manajemen energi itu merupakan rangkuman dari tindakan yang direncanakan dan dilakukan untuk mencapai tujuan menggunakan energi seminimum mungkin sementara tingkat kenyamanan (di kantor atau rumah) dan tingkat produksi (di pabrik) tetap dapat terpelihara. (UNEP, 2006)

Hal ini dapat diterapkan di pabrik, bangunan kantor, pusat olahraga, rumah kediaman, dan untuk semua jenis bangunan di mana menggunakan energi diperlukan untuk membuat efisien penggunaan energi. Energi yang dibahas adalah merupakan energi listrik yang akan diatur untuk keperluan sistem peralatan-peralatan yang ada di dalam ruangan kuliah. Agar penggunaan energi tersebut teratur maka diperlukan manajemen energi.

### 3.3 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan untuk menunjang pembangunan nasional. Konservasi (penghematan) energi adalah penggunaan energi yang optimal sesuai dengan kebutuhan sehingga akan menurunkan biaya energi yang dikeluarkan (hemat energi hemat biaya). Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan pemilihan teknologi dan pemanfaatan energi secara efisien, rasional, untuk



mewujudkan kemampuan penyediaan energi.

Merujuk Keppres No. 43/1991, bahwa pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan konservasi energi dilingkungan Depdiknas menjadi tanggung jawab menteri Pendidikan Nasional, sedangkan secara nasional adalah menjadi tanggung-jawab Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral selaku ketua Badan Koordinasi Energi Nasional. (Mulyono, 2010)

Konservasi energi merupakan langkah kebijaksanaan yang pelaksanaannya paling mudah dan biayanya paling murah yang dapat dilaksanakan oleh seluruh lapisan masyarakat. Konservasi energi ini dimaksudkan untuk memanfaatkan sebaik-baiknya sumber energi yang ada, juga dalam rangka mengurangi ketergantungan akan minyak bumi, dengan pengertian bahwa konservasi energi tidak boleh menjadi penghambat kerja operasional maupun pembangunan yang telah direncanakan. (Badan Koordinasi Energi Nasional, 1983).

Oleh karena itu disamping harus secepatnya mengembangkan sumber-sumber energi dari bahan bakar non fosil seperti biomassa, biogas, dan sebagainya, harus juga berusaha untuk dapat mengoptimalkan penggunaan energi minyak bumi secara lebih tepat, cermat, hemat dan efisien dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

### **3.4. Teori Dasar Listrik**

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (*loudspeaker*). Sedangkan energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan sebanding dengan besar beda potensial, kuat arus, dan selisih waktu. (Miller, 2007)

$$E = V \times I \times t \quad (3.1)$$

dengan E : energi listrik (joule)

V : beda potensial (volt)

I : kuat arus (amper)

t : selisih waktu (detik)

Satuan yang digunakan untuk PLN untuk menentukan jumlah energi listrik yang dipakai adalah kilowatt jam (kilowatt hour/kWh). Satu kWh adalah besar energi yang digunakan selama 1 jam dengan daya listrik sebesar 1.000 watt.

$$E = P \times t \quad (3.2)$$

dengan E : energi listrik (kWh)

P : daya listrik (kW)

t : waktu penggunaan (jam)

### **3.5. Pencahayaan**

Pencahayaan diperlukan manusia untuk mengenali suatu objek secara visual di mana organ tubuh yang mempengaruhi penglihatan adalah mata, saraf, dan pusat saraf penglihatan di otak. Pada banyak industri, pencahayaan mempunyai pengaruh terhadap kualitas produk. Kuat pencahayaan yang baik yang tinggi, rendah, maupun yang menyilaukan berpengaruh terhadap kelelahan mata maupun ketegangan saraf para pekerja yang pencahayaan tempat kerjanya tidak memadai atau tidak sesuai standar. Dengan kata lain dapat diuraikan bahwa objek pekerjaan agar terlihat jelas, mudah dikerjakan dengan cepat dan produktifitas dapat meningkat. Pencahayaan baik yang tinggi, rendah, maupun yang menyilaukan berpengaruh terhadap kelelahan mata maupun ketegangan saraf.

#### **3.5.1 Sistem pencahayaan**

Pencahayaan yang baik memungkinkan tenaga kerja melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas, cepat dan tanpa upaya-upaya yang tidak perlu. Lebih dari itu, pencahayaan memadai memberikan kesan pemandangan yang lebih baik dan keadaan lingkungan yang menyegarkan. (Anizar, 2009)

Permasalahan pencahayaan meliputi kemampuan manusia untuk melihat sesuatu, sifat-sifat dari indera penglihatan, usaha-usaha yang dilakukan untuk melihat objek lebih baik dan pengaruh cahaya terhadap lingkungan. Suatu hal

yang sangat perlu diperhatikan ialah kenapa seseorang melihat suatu objek dengan mudah dan cepat, sedangkan lainnya harus dengan berusaha keras, sedangkan lainnya tidak terlihat sama sekali.

Dalam ruang lingkup pekerjaan, faktor yang menentukan adalah ukuran objek, derajat kontras di antara objek dan sekelilingnya, luminasi (*brightness*) dari lapangan penglihatan, yang tergantung dari pencahayaan dan pemantulan pada arah si pengamat, serta lamanya melihat. Faktor-faktor ini dapat mengimbangi satu sama lainnya, misalnya suatu objek kontras kurang dapat dilihat, apabila objek tersebut cukup besar atau bila pencahayaan cukup baik. Konsep ini sangat penting pengaruhnya terhadap arti ketajaman penglihatan, yang diberi perbatasan sebagai harga kebalikan dari ukuran objek terkecil yang dapat dilihat. Ukuran yang kecil ini ternyata masih tergantung kepada kontras dan tingkat pencahayaan. Ukuran yang kecil ternyata masih tergantung kepada kontras dan tingkat pencahayaan. Ukuran suatu objek dinyatakan dengan derajat suhu penglihatan.

Upaya mata yang melelahkan menjadi sebab kelelahan mental. Gejala-gejalanya meliputi sakit kepala, penurunan kemampuan intelektual, daya konsentrasi dan kecepatan berpikir. Lebih dari itu bila pekerja mencoba mendekatkan matanya terhadap objek untuk memperbesar ukuran benda, maka akomodasi lebih dipaksa, dan mungkin terjadi penglihatan rangkap atau kabur. Disertai pula perasaan sakit kepala di daerah atas kepala.

Pencegahan kelelahan mental oleh upaya mata yang berlebihan maka perlu diusahakan beberapa cara berupa:

a) Perbaikan kontras

Cara ini termudah dan tersederhana, serta dilakukan dengan memilih latar penglihatan yang tepat. Namun kontras selalu ditentukan oleh sifat-sifat bahan yang tidak dapat diubah atas permintaan tenaga kesehatan.

b) Meningkatkan pencahayaan

Biasanya pencahayaan harus sekurang-kurangnya dua kali perbesaran. Dalam berbagai hal, masih perlu dipakai lampu-lampu.

c) Pemindahan tenaga kerja dengan visus setinggi-tingginya.

*Shift* kerja malam terutama diperuntukkan bagi tenaga kerja yang berusia muda, sedangkan pekerja dengan usia yang lebih tinggi dapat ditempatkan pada pekerjaan yang kurang memerlukan ketelitian atau dapat pula digunakan alat-alat pembesar untuk melihat objek dengan mudah. Namun hal tersebut memiliki beberapa kerugian sebagai berikut:

- a. Lapangan penglihatan jadi terbatas.
- b. Kekurangan daerah akomodasi.
- c. Terganggunya koordinasi antara penglihatan dan gerakan tangan.
- d. Kepala harus tetap dalam posisi tertentu.

Alat-alat yang memperbaiki kerugian ini adalah semacam televisi dengan pembesaran. Pencahayaan yang baik adalah pencahayaan yang memungkinkan tenaga kerja melihat pekerjaannya dengan teliti, cepat dan tanpa upaya yang tidak perlu, serta membantu terciptanya lingkungan kerja yang nyaman dan menyenangkan. (Anizar, 2009)

Sifat-sifat pencahayaan yang baik ditentukan oleh:

- a. Pembagian luminensi dalam lapangan penglihatan,
- b. Pencegahan kesilauan,
- c. Arah sinar,
- d. Warna, dan
- e. Panas pencahayaan terhadap keadaan lingkungan.

Jika pencahayaan yang buruk akan berdampak negatif langsung terhadap para pekerjanya berikut akibat-akibat dari pencahayaan yang buruk:

- a. Kelelahan mata dengan berkurangnya daya dan efisiensi kerja.
- b. Kelelahan mental.
- c. Keluhan-keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala sekitar mata.
- d. Kerusakan alat penglihatan.
- e. Meningkatnya kecelakaan.



### 3.5.2 Penilaian pencahayaan

Penilaian pencahayaan, menggunakan alat ukur *lightmeter* (*luxmeter*) untuk mengukur intensitas cahaya. Alat ini terdiri dari sebuah fotosel sensitif yang menimbulkan arus listrik dari cahaya yang jatuh pada permukaan sel ini.

*Luminaire* adalah peralatan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.

*Lumen* adalah satuan *flux* cahaya ( $\Phi$ ). *Flux* dipancarkan di dalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu *lux* adalah satu *lumen* per meter persegi. *Lumen* (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari watt, yang memadukan respon mata “pengamat standar”. 1 watt = 683 *lumens* pada panjang gelombang 555 nm.

*Lux* (E) merupakan satuan metrik ukuran illuminansi pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat *lux* pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu *lux* setara dengan satu *lumen* per meter persegi.

$$E_m = \frac{\Phi}{A} \quad (3.3)$$

Dimana  $\Phi$  : flux pencahayaan (lm)

$E_m$  : iluminasi (lux)

A : luas permukaan ( $m^2$ )

*Efficacy* cahaya terhitung ( $\eta$ ) adalah perbandingan keluaran *lumen* terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dalam *lumens* per watt.

Perbandingan *efficacy* beban terpasang merupakan perbandingan *efficacy* beban target dengan beban terpasang.

*Efficacy* beban terpasang merupakan iluminasi (terang rata-rata) yang dicapai pada suatu bidang kerja yang datar per watt pada pencahayaan umum di dalam ruangan yang dinyatakan dalam *lux/W/m<sup>2</sup>*.

*Efficacy* beban target adalah nilai *efficacy* beban terpasang yang dicapai dengan efisiensi terbaik, dinyatakan dalam *lux/W/m<sup>2</sup>*.

Indeks ruang merupakan perbandingan, yang berhubungan dengan ukuran bidang keseluruhan terhadap tingginya diantara tinggi bidang kerja dengan bidang titik lampu.

Faktor pemanfaatan (UF) merupakan bagian *flux* cahaya yang dipancarkan oleh lampu- lampu, menjangkau bidang kerja. Ini merupakan suatu ukuran efektivitas pola pencahayaan.

Satuan intensitas cahaya (I) adalah candela (cd) juga dikenal dengan *international candle*. Satu *lumen* setara dengan *flux* cahaya, yang jatuh pada setiap meter persegi ( $m^2$ ) pada lingkaran dengan radius satu meter jika sumber cahayanya isotropik 1-candela (yang bersinar sama ke seluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari  $r$  adalah  $4\pi r^2$ , maka lingkaran dengan jari-jari 1 m memiliki luas  $4\pi m^2$ , dan oleh karena itu *flux* cahaya total yang dipancarkan oleh sumber 1-cd adalah  $4\pi lm$ . Jadi *flux* cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropik dengan intensitas  $I$  adalah:

$$\Phi = 4\pi \times I \quad (3.4)$$

dimana  $\Phi$  : flux pencahayaan (lm)

$I$  : intensitas cahaya (cd)

Perbedaan antara *lux* dan *lumen* adalah bahwa *lux* berkenaan dengan luas areal pada mana *flux* menyebar 1000 *lumens*, terpusat pada satu areal dengan luas satu meter persegi, menerangi meter persegi tersebut dengan cahaya 1000 *lux*. Hal yang sama untuk 1000 *lumens*, yang menyebar ke sepuluh meter persegi, hanya menghasilkan cahaya suram 100 *lux*.

Tinggi mounting merupakan tinggi peralatan atau lampu diatas bidang kerja. (UNEP, 2006)

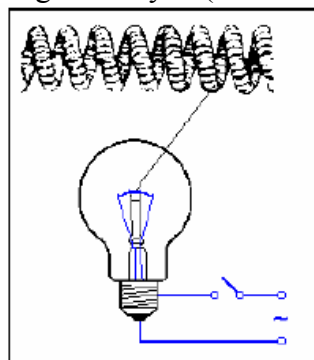
### 3.5.3 Jenis-jenis sistem pencahayaan

Pada bagian ini menjelaskan berbagai jenis dan komponen sistem pencahayaan.

a. Lampu Pijar (GLS)

Lampu pijar bertindak sebagai ‘badan abu-abu’ yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif dingin. Dengan adanya gas inert, akan menekan terjadinya penguapan, dan semakin besar berat molekulnya akan makin mudah menekan terjadinya penguapan. Untuk lampu biasa dengan harga yang murah, digunakan campuran argon nitrogen dengan perbandingan 9/1. Krypton atau Xenon hanya digunakan dalam penerapan khusus seperti lampu sepeda dimana bola lampunya berukuran kecil, untuk mengimbangi kenaikan harga, dan jika penampilan merupakan hal yang penting. (UNEP, 2006)

Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat pijar, sehingga daya hantar yang rendah menjadi penting. Lampu yang berisi gas biasanya memadukan sekering dalam kawat timah. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Jika patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu, tetapi untuk kerusakan sekering tidak begitu halnya. (Biro Efisiensi Energi, 2005)



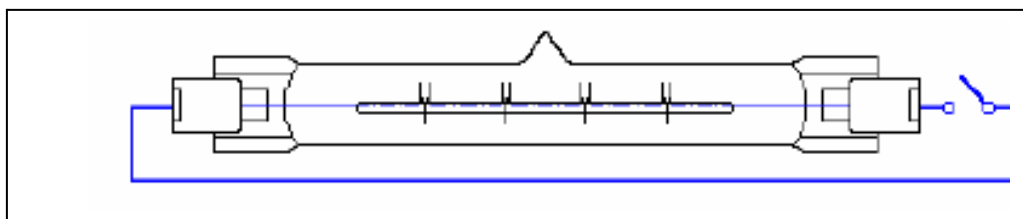
Gambar 3.1 Lampu pijar

Ciri-ciri :

1. *Efficacy* – 12 *lumens*/Watt.
2. Indeks Perubahan Warna – 1A.
3. Suhu Warna - Hangat (2.500K – 2.700K).
4. Umur Lampu – 1-2.000 jam.

b. Lampu Tungsten-Halogen

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak ke arah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam. (UNEP, 2006)



Gambar 3.2 Lampu halogen tungsten

Ciri-ciri:

1. *Efficacy* – 18 *lumens*/Watt.
2. Indeks Perubahan Warna – 1A.
3. Suhu Warna – Hangat (3.000K-3.200K).
4. Umur Lampu – 2-4.000 jam.



Kelebihan :

1. Lebih kompak.
2. Umur lebih panjang.
3. Lebih banyak cahaya.
4. Cahaya lebih putih (suhu warna lebih tinggi).

Kekurangan :

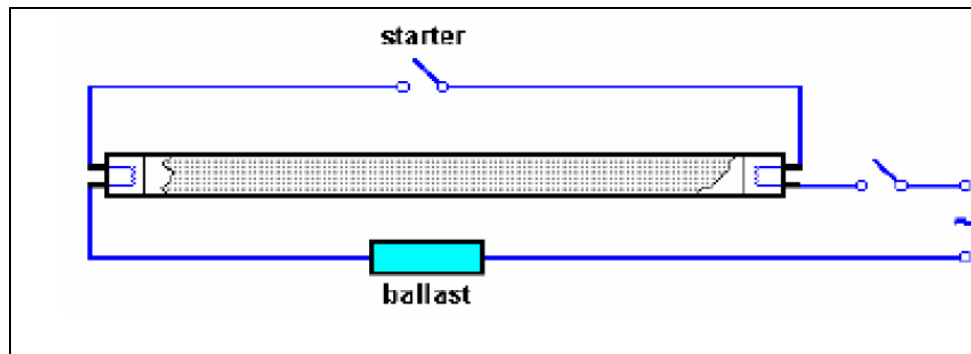
1. Lebih mahal.
2. IR meningkat.
3. UV meningkat.
4. Masalah handling.

c. Lampu Neon

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewati listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada 253,7 nm dan 185 nm.

Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fosfor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu ‘katode panas’, sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan. Lapisan ini tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah merkurnya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini memungkinkan tekanan merkuri optimum berada pada

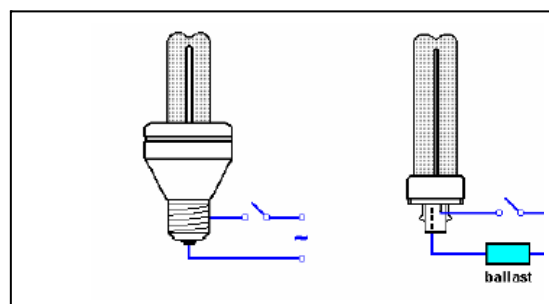
kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak. (UNEP, 2006)



Gambar 3.3 Lampu Neon

d. Lampu neon yang kompak

Lampu neon kompak yang tersedia saat ini membuka seluruh pasar bagi lampu neon. Lampu- lampu ini dirancang dengan bentuk yang lebih kecil yang dapat bersaing dengan lampu pijar dan uap merkuri di pasaran lampu dan memiliki bentuk bulat atau segi empat. Produk di pasaran tersedia dengan gir pengontrol yang sudah terpasang (GFG) atau terpisah (CFN). (UNEP, 2006)



Gambar 3.4 CFL

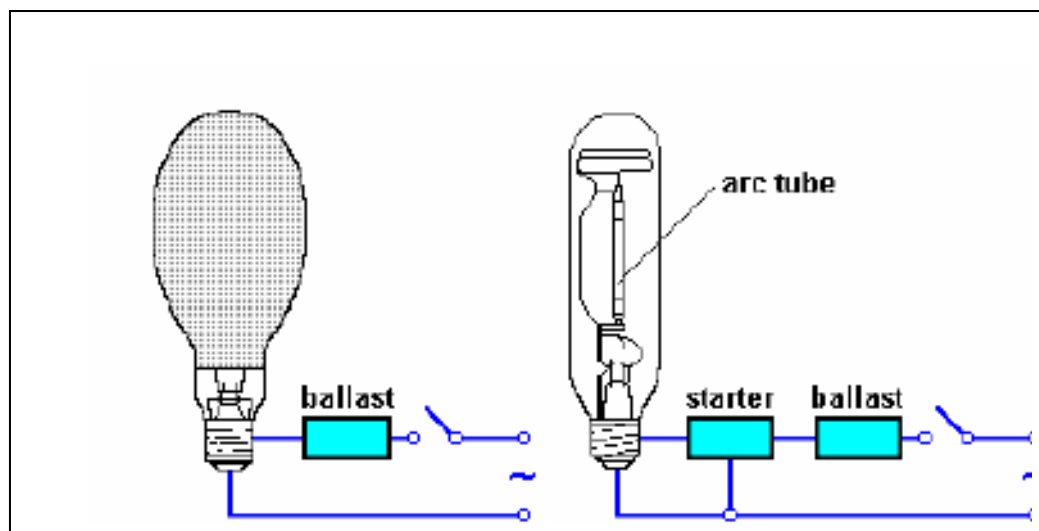
Ciri-ciri:

1. *Efficacy* – 60 lumens/Watt.
2. Indeks Perubahan Warna – 1B.
3. Suhu Warna – Hangat.
4. Menengah Umur Lampu – 7-10.000 jam.

e. Lampu Sodium

1. Lampu sodium tekanan tinggi

Lampu sodium tekanan tinggi (HPS) banyak digunakan untuk penerapan di luar ruangan dan industri. *Efficacy* nya yang tinggi membuatnya menjadi pilihan yang lebih baik daripada metal halida, terutama bila perubahan warna yang baik bukan menjadi prioritas. Lampu HPS berbeda dari lampu merkuri dan metal halida karena tidak memiliki starter elektroda; sirkuit balas dan starter elektronik tegangan tinggi. Tabung pemancar listrik terbuat dari bahan keramik, yang dapat menahan suhu hingga 2372F. Didalamnya diisi dengan xenon untuk membantu menyalakan pemancar listrik, juga campuran gas sodium – merkuri. (UNEP, 2006)



Gambar 3.5 Lampu Uap Sodium

Ciri-ciri :

1. *Efficacy* – 50 - 90 lumens/Watt (CRI lebih baik, *Efficacy* lebih rendah).
2. Indeks Perubahan Warna – 1 – 2.
3. Suhu Warna – Hangat.
4. Umur Lampu – 24.000 jam, perawatan *lumen* yang luar biasa.
5. Pemanasan – 10 menit, pencapaian panas – dalam waktu 60 detik.
6. Mengoperasikan sodium pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi

menjadikan sangat reaktif.

7. Mengandung 1-6 mg sodium dan 20mg merkuri.
8. Gas pengisinya adalah Xenon. Dengan meningkatkan jumlah gas akan menurunkan merkuri, namun membuat lampu jadi sulit dinyalakan.
9. Arc tube (tabung pemancar cahaya) didalam bola lampu mempunyai lapisan pendifusi untuk mengurangi silau.
10. Makin tinggi tekanannya, panjang gelombangnya lebih luas, dan CRI nya lebih baik, *efficacy* nya lebih rendah.

## 2. Lampu sodium tekanan rendah

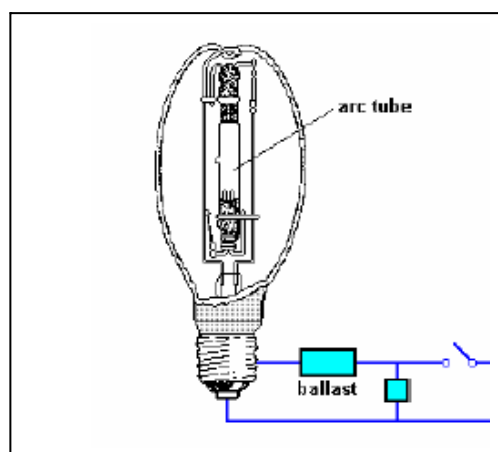
Walaupun lampu sodium tekanan rendah (LPS) serupa dengan sistim neon (sebab keduanya menggunakan sistim tekanan rendah), mereka umumnya dimasukkan kedalam keluarga HID. Lampu LPS adalah sumber cahaya yang paling sukses, namun produksi semua jenis lampunya berkualitas sangat jelek. Sebagai sumber cahaya monokromatis, semua warna nampak hitam, putih, atau berbayang abu-abu. Lampu LPS tersedia dalam kisaran 18-180 watt. Penggunaan lampu LPS umumnya hanya untuk penggunaan luar ruang seperti penerangan keamanan atau jalanan dan jalan dalam gedung, penggunaan watt nya rendah dimana kualitas warnanya tidak penting (seperti ruangan tangga). Walau demikian, karena perubahan warnanya sangat buruk, beberapa daerah tidak mengijinkan penggunaan lampu tersebut untuk penerangan jalan raya. (UNEP, 2006)

Ciri-ciri:

1. *Efficacy* – 100 – 200 *lumens*/Watt.
2. Indeks Perubahan Warna – 3.
3. Suhu Warna – Kuning (2.200K).
4. Umur Lampu – 16.000 jam.
5. Pemanasan – 10 menit.
6. Pencapaian panas – sampai 3 menit.

f. Lampu Uap Merkuri

Lampu uap merkuri merupakan model tertua lampu HID. Walaupun mereka memiliki umur yang panjang dan biaya awal yang rendah, lampu ini memiliki *efficacy* yang buruk (30 hingga 65 *lumens* per watt, tidak termasuk kerugian balas) dan memancarkan warna hijau pucat. Isu paling penting tentang lampu uap merkuri adalah bagaimana caranya supaya digunakan jenis sumber HID atau neon lainnya yang memiliki *efficacy* dan perubahan warna yang lebih baik. Lampu uap merkuri yang bening, yang menghasilkan cahaya biru-hijau, terdiri dari tabung pemancar uap merkuri dengan elektroda tungsten di kedua ujungnya. Lampu tersebut memiliki *efficacy* terendah dari keluarga HID, penurunan *lumen* yang cepat, dan indeks perubahan warna yang rendah. Disebabkan karakteristik tersebut, lampu jenis HID yang lain telah menggantikan lampu uap merkuri dalam banyak penggunaannya. Walau begitu, lampu uap merkuri masih merupakan sumber yang populer untuk penerangan taman sebab umur lampunya yang mencapai 24.000 jam dan bayangan taman yang hijaunya terlihat seperti gambaran hidup. Pemancar disimpan di bagian dalam bola lampu yang disebut tabung pemancar. Tabung pemancar diisi dengan gas merkuri dan argon murni. Tabung pemancar tertutup di dalam bola lampu yang berada diluarnya, yang diisi dengan nitrogen. (UNEP, 2006)



Gambar 3.6 Lampu uap merkuri



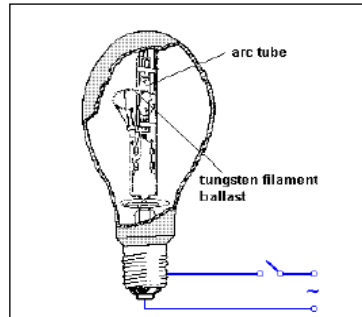
Ciri-ciri:

1. *Efficacy* – 50 - 60 *lumens*/Watt ( tidak termasuk dari bagian L).
2. Indeks Perubahan Warna – 3.
3. Suhu Warna – Menengah.
4. Umur Lampu – 16.000 – 24.000 jam, perawatan *lumen* buruk.
5. Gir pengendali alat elektroda ketiga lebih sederhana dan lebih mudah dibuat. Beberapa negara telah menggunakan MBF untuk penerangan jalan dimana lampu kuning SOX dianggap tidak pantas.
6. Tabung pemancar mengandung 100 mg gas merkuri dan argon. Pembungkusnya adalah pasir kwarsa.
7. Tidak terdapat pemanas awal katoda, elektroda ketiga dengan celah yang lebih pendek untuk memulai pelepasan.
8. Bola lampu bagian luar dilapisi fospor. Hal ini akan memberi cahaya merah tambahan dengan menggunakan UV, untuk mengoreksi bias pelepasan merkuri.
9. Pembungkus kaca bagian luar mencegah lepasnya radiasi UV.

g. Lampu Kombinasi

Lampu kombinasi kadang disebut sebagai lampu two-in-one. Lampu ini mengkombinasikan dua sumber cahaya yang tertutup dalam satu lampu yang diisi gas. Salah satu sumbernya adalah tabung pelepas merkuri kuarsa (seperti sebuah lampu merkuri) dan sumber lainnya adalah kawat pijar tungsten yang disambungkan secara seri. Kawat pijar ini bertindak sebagai balas untuk tabung pelepasan yang menstabilkan arus, jadi tidak diperlukan balas yang lain. Kawat pijar tungsten digulung dengan susunan melingkar pada tabung pelepasan dan dihubungkan dalam susunan seri. Lapisan bubuk *fluorescent* diletakkan ke bagian dalam dinding lampu untuk mengubah sinar UV yang dipancarkan dari tabung pelepas ke cahaya nampak. Pada penyalaan, lampu hanya memancarkan cahaya dari kawat pijar tungsten, dan selama perjalanan sekitar 3 menit, pemancar didalam tabung pelepas melesat mencapai keluaran

cahaya penuh. Lampu ini cocok untuk area anti nyala dan dapat disesuaikan dengan perlengkapan lampu pijar tanpa modifikasi. (UNEP, 2006)



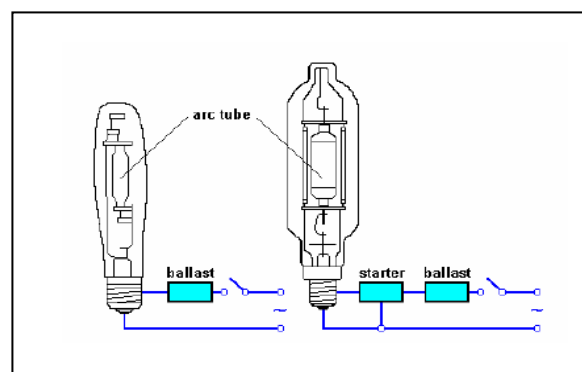
Gambar 3.7. Lampu kombinasi

Ciri-ciri :

1. Nilainya biasanya 160 W.
2. *Efficacy* 20 hingga 30 Lm/W.
3. Faktor daya tinggi 0,95.
4. Umur 8000 jam.

#### h. Lampu Metal Halida

Halida bertindak sama halnya dengan siklus halogen tungsten. Manakala suhu bertambah maka terjadi pemecahan senyawa halida melepaskan logam ke pemancar. Halida mencegah dinding kuarsa diserang oleh logam-logam alkali. (UNEP, 2006)



Gambar 3.8 Lampu metal halida

Ciri-ciri :

1. *Efficacy* – 80 *lumens*/Watt.
2. Indeks Perubahan Warna – 1A –2 tergantung pada campuran halida.
3. Suhu Warna – 3.000K – 6.000K.
4. Umur Lampu – 6.000 – 20.000 jam, perawatan *lumen* buruk.
5. Pemanasan – 2-3 menit, pencapaian panas – dalam waktu 10-20 menit.
6. Pemilihan warna, ukuran, dan nilainya lebih besar untuk MBI daripada jenis lampu lainnya. Jenis ini merupakan versi yang dikembangkan dari dua lampu pelepas dengan intensitas tinggi, dan cenderung memiliki *efficacy* yang lebih baik.
7. Dengan menambahkan logam lain ke merkuri, spektrum yang berbeda dapat dipancarkan.
8. Beberapa lampu SBI menggunakan elektroda ketiga untuk memulai penyalan, namun untuk yang lainnya, terutama lampu peraga yang lebih kecil, memerlukan denyut penyalan tegangan tinggi.

i. Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya yang efisien energinya. Ketika lampu LED memancarkan cahaya nampak pada gelombang spektrum yang sangat sempit, mereka dapat memproduksi “cahaya putih”. Hal ini sesuai dengan kesatuan susunan merah-biru- hijau atau lampu LED biru berlapis fosfor. Lampu LED bertahan dari 40.000 hingga 100.000 jam tergantung pada warna. Lampu LED digunakan untuk banyak penerapan pencahayaan seperti tanda keluar, sinyal lalu lintas, cahaya dibawah lemari, dan berbagai penerapan dekoratif. Walaupun masih dalam masa perkembangan, teknologi lampu LED sangat cepat mengalami kemajuan dan menjanjikan untuk masa depan. Pada cahaya sinyal lalu lintas, pasar yang kuat untuk LED, sinyal lalu lintas warna merah menggunakan lampu 10W yang setara dengan 196

LEDs, menggantikan lampu pijar yang menggunakan 150W. Berbagai perkiraan potensi penghematan energi berkisar dari 82% hingga 93%. Produk pengganti LED, diproduksi dalam berbagai bentuk termasuk batang

ringen, panel dan sekrup dalam lampu LED, biasanya memiliki kekuatan 2-5W masing-masing, memberikan penghematan yang cukup berarti dibanding lampu pijar dengan bonus keuntungan masa pakai yang lebih lama, yang pada gilirannya mengurangi perawatan. (UNEP, 2006)

### **3.6 Komponen Pencahayaan**

#### **3.6.1 Luminer/ Reflektor**

Elemen yang paling penting dalam perlengkapan cahaya, selain dari lampu, adalah reflektor. Reflektor berdampak pada banyaknya cahaya lampu mencapai area yang diterangi dan juga pola distribusi cahayanya. Reflektor biasanya menyebar (dilapisi cat atau bubuk putih sebagai penutup) atau specular (dilapis atau seperti kaca). Tingkat pemantulan bahan reflektor dan bentuk reflektor berpengaruh langsung terhadap efektifitas dan efisiensi fitting.

Reflektor konvensional yang menyebar memiliki tingkat pemantulan 70-80% apabila baru. Bahan yang lebih baru dengan daya pemantulan yang lebih tinggi atau semi-difusi memiliki daya pemantulan sebesar 85%.

*Diffuser* konvensional menyerap cahaya lebih banyak dan menyebarkannya daripada memantulkannya ke area yang dikehendaki. Lama kelamaan nilai daya pantul dapat berkurang disebabkan penumpukan debu dan kotoran dan perubahan warna menjadi kuning disebabkan oleh sinar UV. Reflektor specular lebih efektif dimana pemantul ini memaksimalkan optik dan daya pantul specular sehingga membiarkan pengontrolan cahaya yang lebih seksama dan jalan pintas yang lebih tajam. Dalam kondisi baru, lampu ini memiliki nilai pantul sekitar 85-96%. Nilai tersebut tidak berkurang seperti pada reflektor konvensional yang berkurang karena usia. Bahan yang umum digunakan adalah aluminium yang diberi perlakuan anoda (nilai pantul 85-90%) dan lapisan perak yang dilaminasikan ke bahan logam (nilai pantul 91-95%). Menambah (atau melapisi) aluminium dilakukan untuk mencapai nilai pantul lebih kurang 88-96%. Lampu harus tetap bersih agar efektif, reflektor optik kaca

tidak boleh digunakan dalam peralatan yang terbuka di industri dimana peralatan tersebut mungkin akan terkena debu. (UNEP, 2006)



Gambar 3.9 Optik Kaca Luminer

### 3.6.2 Gir

Gir yang digunakan dalam peralatan pencahayaan adalah sebagai berikut:

1. Balas adalah suatu alat yang membatasi arus, untuk melawan karakteristik tahanan negatif dari berbagai lampu pelepas. Untuk lampu neon, alat ini membantu meningkatkan tegangan awal yang diperlukan untuk memulai penyalan.
2. Ignitors adalah digunakan untuk penyalan awal lampu Metal Halida dan uap Sodium intensitas tinggi.

Table berikut menyajikan karakteristik kinerja luminer yang umum digunakan:

Tabel 3.1 Karakteristik lampu

Jenis Lampu	Lumen / Watt		Indeks Perubahan Warna	Penerapan	Umur (Jam)
	Kisaran	Rata-rata			
Lampu pijar	8-18	14	Baik sekali	Rumah, restoran, penerangan umum, penerangan darurat	1000

Tabel 3.1 Karakteristik lampu(lanjutan)

Lampu Neon	46-60	50	Lapisan w.r.t yang baik	Kantor, pertokoan, rumah sakit, rumah	5000
Lampu Neon Kompak (CFL)	40-70	60	Sangat Baik	Hotel, pertokoan, rumah, kantor	8000-10000
Merkuri tekanan tinggi (HPMV)	44-57	50	Cukup	Penerangan umum di pabrik, garasi, tempat parkir mobil, penerangan berlebihan/ sangat terang	5000
Lampu halogen	18-24	20	Baik Sekali	Peraga, penerangan berlebihan, arena pameran, area konstruksi	2000-4000
Sodium tekanan tinggi (HPSV) SON	67-121	90	Cukup	Penerangan umum di pabrik, gudang, penerangan jalan	6000-12000
Sodium tekanan rendah (LPSV) SOX	101-175	150	Buruk	Jalan raya, terowongan, kanal, penerangan jalan	6000-12000

Sumber : UNEP, 2006

### 3.7 Pengkajian Sistim Pencahayaan

Bagian ini meliputi perancangan sistim penerangan untuk interior dan juga metodologi studi efisiensi energi sistim pencahayaan. Bagian ini juga memberi rekomendasi nilai penerangan yang diperlukan oleh berbagai jenis pekerjaan sesuai dengan standar India.

Setiap pekerjaan memerlukan tingkat pencahayaan pada permukaannya. Pencahayaan yang baik menjadi penting untuk menampilkan tugas yang bersifat visual. Pencahayaan yang lebih baik akan membuat orang bekerja lebih produktif. Membaca buku dapat dilakukan dengan 100 sampai 200 *lux*. Hal ini merupakan pertanyaan awal perancang sebelum memilih tingkat pencahayaan



yang benar. CIE (*Commission International de l'Eclairage*) dan IES (*Illuminating Engineers Society*) telah menerbitkan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk berbagai pekerjaan. Nilai-nilai yang direkomendasikan tersebut telah dipakai sebagai standar nasional dan internasional bagi perancangan pencahayaan (Tabel 3.2). Pertanyaan kedua adalah mengenai kualitas cahaya. Dalam kebanyakan konteks, kualitas dibaca sebagai perubahan warna. Tergantung pada jenis tugasnya, berbagai sumber cahaya dapat dipilih berdasarkan indeks perubahan warna.

Tabel 3.2 Tingkat penerangan kegiatan

	<b>Tingkat penerangan (lux)</b>	<b>Contoh-contoh Area Kegiatan</b>
Pencahayaan Umum untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas atau visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan didaerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki & panggung.
	70	Ruang boiler.
	100	Halaman Trafo, ruangan tungku, dll.
	150	Area sirkulasi di industri, pertokoan dan ruang penyimpan.
Pencahayaan umum untuk interior	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas
	300	Meja & mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip.
	450	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis.
	1500	Pekerjaan mesin dan diatas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran & pemeriksaan bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahayaan tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukiran

### **3.8 Beban pendinginan (*cooling load*)**

Beban pendinginan ruang adalah laju aliran kalor yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan.

Beban pendinginan dibagi menjadi dua, yakni beban pendinginan luar (*external cooling load*) dan beban pendinginan dalam (*internal cooling load*).

Beban pendinginan dalam terjadi karena dilepaskannya kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan.

Sumber-sumber kalor sensibel antara lain:

1. Perpindahan kalor melalui dinding, atap, lantai, jendela, dan pintu akibat perbedaan temperatur antara kedua sisinya.
2. Beban akibat radiasi matahari dalam dua bentuk, yaitu
  1. Kalor radiasi yang ditransmisikan langsung melalui kaca.
  2. Kalor radiasi yang diserap oleh dinding dan atap, kemudian diteruskan ke dalam ruangan secara konduksi.
  3. Kalor sensibel yang berasal dari penghuni.
  4. Kalor yang berasal dari peralatan yang berada dalam ruang.
  5. Kalor akibat perembesan (infiltrasi) udara dari luar ruang melalui celah pintu/jendela dan akibat pembukaan/penutupan pintu.
  6. Sumber-sumber kalor lain, misalnya tambahan kalor melalui sistem saluran udara yang berada di dalam ruang yang tidak didinginkan.

Sumber-sumber kalor laten antara lain:

1. Kalor laten yang berasal dari penghuni
2. Kalor laten akibat perembesan (infiltrasi) udara dari luar ruang melalui celah pintu/jendela, dan akibat pembukaan/penutupan pintu
3. Kalor laten dari hidangan masakan
4. Kalor laten dari sumber lain

#### **3.8.1 Metoda Perhitungan Beban Pendinginan**

Metoda yang digunakan dalam perhitungan beban pendinginan ruangan adalah metode CLF.

### 3.8.1.1 Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan kalor konduksi melalui dinding, atap, lantai, jendela, dan pintu dapat dianggap konstan jika perbedaan antara temperatur udara luar dan temperatur ruangan yang didinginkan cukup besar dibandingkan dengan variasi temperatur harian (selisih antara temperatur maksimum dan minimum harian), misalnya untuk cold storage. Jika variasi temperatur udara luar cukup besar, perpindahan kalor konduksi melalui dinding yang berhubungan dengan udara luar dapat dihitung dengan pengandaian kondisi tunak dapat diterima dengan memberikan koreksi (untuk *cold storage*), atau menggunakan metode beda temperatur ekuivalen.

Perpindahan kalor konduksi keadaan tunak melalui dinding dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = U A (T_o - T_i) \quad (3.5)$$

dengan  $U$  : koefisien perpindahan kalor total,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

$A$  : luas permukaan dinding,  $m^2$

$T_o$  : temperatur udara di luar ruang,  $^\circ C$

$T_i$  : temperatur udara di dalam ruang,  $^\circ C$

Koefisien perpindahan kalor total  $U$  dapat dihitung dengan persamaan

$$U = \frac{1}{h_o} + \sum \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_i} \quad (3.6)$$

dengan

$h_o$  : koefisien perpindahan kalor konveksi pada permukaan luar,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

$h_i$  : koefisien perpindahan kalor konveksi pada permukaan dalam,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

$x$  : tebal bahan penyusun dinding, dan celah udara, m

$k$  : konduktivitas bahan penyusun dinding,  $W/(m \text{ } ^\circ C)$

$n$  : jumlah lapisan penyusun dinding

### 3.8.1.2 Kalor radiasi surya

Energi surya yang langsung ditransmisikan melalui kaca atau bahan transparan ke dalam ruang selain ditentukan oleh bahan kaca atau tirai, ditentukan pula oleh:

a. Waktu (deklinasi dan waktu matahari)

b. Posisi, dan lokasi (garis lintang)

Laju perpindahan kalor akibat radiasi matahari yang ditransmisikan melalui kaca dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (3.7)$$

dengan

SHGF : *solar heat gain factor*, lihat Tabel 6.6 (Pita, 1981), dan Tabel 17.9 (Arora, 1986)

A : luas kaca, m<sup>2</sup>

SC : *shade coefficient*, lihat Tabel 6.7 (Pita, 1981), dan Tabel 17.8 (Arora, 1981)

CLF : *cooling load factor for glass*. lihat Tabel 6.8 (Pita, 1981)

### 3.8.1.3 Beban pendinginan dari lampu dan peralatan listrik

Beban pendinginan yang berasal dari lampu ditentukan oleh:

a. Jenis lampu

b. Jumlah lampu

c. Faktor pemakaian

d. Jangka waktu pemakaian

Kalor sensibel yang berasal dari lampu dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = n \times w \times BF \times UF \times CLF \quad (3.8)$$

dengan n : jumlah lampu

w : kapasitas lampu (1 Watt = 3,41 BTU/h)

BF : *ballast factor*

: 1,25 untuk lampu neon

: 1 untuk lampu pijar

UF : faktor pemakaian (persentase jumlah lampu yang menyala)

CLF : faktor beban yang dipengaruhi oleh efek kapasitas kalor

#### 3.8.1.4 Beban pendinginan yang berasal dari penghuni

Kalor sensibel dan laten yang dikeluarkan akibat metabolisme tubuh ditentukan oleh :

- Temperatur ruang
- Kegiatan penghuni di dalam ruang
- Jenis kelamin
- Usia

Beban kalor sensibel dan laten dari penghuni dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_s = q_s \times n \times CLF, \text{ dan} \quad (3.9)$$

$$Q_l = q_l \times n \times CLF \quad (3.10)$$

dengan

$q_s$  dan  $q_l$  : kalor sensibel dan laten per orang, lihat Tabel 6.11 (Pita, 1981) atau Tabel 19.1 (Arora, 1981)

$n$  : jumlah penghuni

$CLF$  : *cooling load factor* for people, lihat Tabel 6.12 (Pita, 1981)

Jika jumlah penghuni tidak jelas, dapat diprediksi berdasarkan luas lantai untuk pemakaian ruang tertentu. Selain itu tingkat penghunian ruangan juga perlu dipertimbangkan.

### 3.9 Kapasitas Pendinginan AC (*cooling capacity*)

Secara umum rata-rata *manufactur* AC menuliskan kapasitas pendinginannya sebesar 9.000 Btu/hr untuk AC *splite* 1 pk. Artinya jika kompressor dengan daya 1 pk akan menghasilkan pendinginan sebesar 9.000 Btu/hr.

Kinerja siklus refrigerasi biasanya digambarkan oleh *Coefficient of Performance* (COP). COP didefinisikan sebagai manfaat dari siklus (jumlah panas yang dibuang) dibagi dengan input energi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan siklus. (ASHRAE Fundamentals, 2005)

Sedangkan COP AC berkisar 3,5 karena besarnya COP AC di Indonesia memang sudah tipikal. Namun nilai kapasitas pendinginan AC bervariasi mulai dari 8.000 Btu/hr – 10.000 Btu/hr untuk AC *splite* 1 pk tergantung besar dari COP

AC.

Sebagai contoh, nilai kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut:

$$1 \text{ pk} = 746 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ kW} = 3,41 \text{ Btu/hr}$$

Jika AC memiliki COP 3,5 dengan daya input 1 pk maka kapasitas pendinginannya :  $746 \text{ Watt} \times 3,5 \times 3,41 = 8.903 \text{ Btu/hr}$ .

### 3.10 Teori Peluang Penghematan Energi

Untuk mengetahui besarnya peluang penghematan energi (PHE) (ECO= *Energy Conservation Opportunity*) dengan menggunakan rumus di bawah ini

$$\Delta \text{IKE} = \text{IKE rinci} - \text{IKE standar} \quad (3.11)$$

$$\text{ECO} = \Delta \text{IKE} \times \text{luas area} \quad (3.12)$$

$$\Delta \text{IKE}_r = \text{IKE rinci} - \text{IKE rekomendasi} \quad (3.13)$$

$\Delta \text{IKE}$  merupakan peluang penghematan dalam bentuk energi persatuan luas. Sedangkan ECO merupakan peluang penghematan energi untuk area yang dikondisikan.  $\Delta \text{IKE}_r$  merupakan peluang penghematan dalam bentuk energi persatuan luas dari energi yang direkomendasikan.



## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada gedung bagian luar Rimau *Asset*, Sumatra Selatan. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Agustus 2010. Gedung yang diaudit meliputi: Wisma Bougenvile, Wisma Anggrek, Wisma Cempaka, Wisma Edelweis, Wisma Dahlia (kantin), Wisma Putri, Wisma Raflesia, Wisma Teratai, Wisma Kembar, Musholla, dan Gedung Serbaguna.

#### 4.2 Alat Ukur yang Digunakan

Pada audit energi bangunan, terdapat beberapa parameter yang diperoleh dengan cara pengukuran dengan menggunakan alat ukur. Dan ada juga beberapa parameter yang diperoleh dari data yang sudah ada. Dan sebagian lainnya diperoleh dari penghitungan hasil pengukuran. Beberapa alat ukur yang digunakan untuk mengukur parameter di atas adalah sebagai berikut :

##### 4.2.1 *Digital clampmeter*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang digunakan oleh suatu peralatan listrik. Selain arus listrik, alat ini juga dapat mengukur *voltage*, hambatan, frekuensi, dan lain-lain. Cara pengukurannya dilakukan dengan meletakkan sebuah kabel yang berasal dari peralatan elektronik ke jepitan (jangkar) *digital clamp meter*. Setelah itu dapat dibaca berapa ampere arus yang mengalir masuk ke dalam peralatan tersebut pada display *digital clamp meter*.

##### 4.2.2 *kWhmeter*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya energi listrik total yang dikonsumsi oleh suatu bangunan. kWh meter biasanya terpasang pada bangunan tersebut. Besarnya energi listrik yang digunakan bangunan tersebut

dapat diketahui dengan cara pembacaan secara langsung pada kWh meter.

#### **4.2.3 Anemometer**

*Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang keluar dari *Air conditioning* (AC). Cara menggunakan *anemometer* cukup dengan mengarahkannya pada aliran angin yang ingin diukur kecepatannya.

#### **4.2.4 Higrometer**

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban udara dari suatu ruangan. Cara menggunakan *higrometer* cukup dengan meletakkannya di tempat yang akan diukur kelembapannya dengan diberi aliran udara yang berembus ke arah alat tersebut.

#### **4.2.5 Luxmeter**

*Luxmeter (lightmeter)* digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan dan iluminasi (cahaya) dari lampu dari suatu ruangan. Alat ini diletakkan tegak lurus pada sumber cahaya, makin banyak cahaya yang diserap oleh *luxmeter*, arus yang dihasilkan lebih besar sehingga tingkat iluminasi juga akan semakin besar.

#### **4.2.6 Thermometer**

Peralatan ini digunakan untuk mengukur temperatur cairan, permukaan atau gas, sebagai contoh untuk mengukur temperatur dari ruangan, baik dalam maupun luar ruangan.

#### **4.2.7 Ultrasonic flowmeter**

Alat ini digunakan sebagai pengukur aliran air yaitu untuk mengukur laju aliran volum atau masa dari cairan atau gas. Alat ini dipakai pada studi energi pada pemakaian air bersih pada bangunan.

### 4.3 Pengumpulan Data

Untuk menunjang perhitungan konsumsi energi pada gedung, data yang akan diukur pada tiap gedung adalah sebagai berikut:

1. *Lighting*
2. *Air Conditioning (AC)*
3. *Electrical equipment*
4. *Heater*

Dari setiap bangunan akan dihitung berapa besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang berupa energi listrik berdasarkan pengukuran data di atas. Selain itu juga diukur konsumsi air dalam sebulan.

#### 4.3.1 Data bangunan

Bangunan yang diaudit adalah semua bangunan bagian luar yang terdapat di Kaji *Station*, antara lain :

- 1) *Mess* karyawan (wisma)
- 2) Kantin
- 3) Masjid

#### 4.3.2 Data *layout* bangunan dan sistem elektrik

Data *layout* bangunan digunakan untuk menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yaitu pemakaian energi listrik total per luasan area bangunan atau kWh total/m<sup>2</sup>. Selain itu data *layout* bangunan juga digunakan dalam menentukan besarnya kapasitas pendinginan dari sistem pendingin. Data *layout* bangunan digunakan juga untuk mengetahui tentang gambaran dari sistem/jaringan listrik dari bangunan tersebut.

#### **4.3.3 Data pemakaian listrik**

Data pemakaian listrik sebelumnya dapat dilihat dari meteran yang terukur pada kWh meter. Data ini digunakan untuk menghitung besarnya nilai IKE pada audit energi awal dalam audit bangunan. Data hasil perhitungan selanjutnya akan dibandingkan dengan standar baku yang ada untuk mengetahui boros tidaknya pemakaian energi listrik dari bangunan tersebut. Setelah diketahui pemborosan pada pemakaian energi listrik pada bangunan maka dapat dilakukan audit energi rinci untuk mengetahui pemakaian energi aktual dari bangunan tersebut.

#### **4.3.4 Data waktu operasional pemakaian dari setiap peralatan**

Semua peralatan yang mengkonsumsi energi listrik pada bangunan dicari lama waktu pemakaiannya. Data tersebut digunakan untuk menghitung besarnya nilai energi total dari energi listrik dalam kWh. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menghitung IKE dari setiap bangunan.

#### **4.3.5 Data pencahayaan ruangan**

Pada tiap ruangan akan akan diukur luminasi dengan menggunakan *luxmeter* untuk mengetahui tingkat pencahayaan pada ruangan tersebut. Selanjutnya dari hasil pengukuran akan dibandingkan dengan standar baku pencahayaan ruangan untuk dianalisis dan direkomendasi untuk perbaikan.

#### **4.3.6 Data pemakaian air**

Data pemakaian air diukur untuk mengetahui volum air yang digunakan pada tiap bangunan, sehingga dari data tersebut dapat dibandingkan standar baku penggunaan air pada bangunan.

#### 4.4 Pengolahan Data

Berdasarkan SNI 03-6196-2000 audit energi pada bangunan gedung pada intinya terdiri dari dua bagian, yaitu : audit energi awal dan audit energi rinci. Tahapan dalam perancangan pelaksanaan studi energi pada bangunan adalah sebagai berikut :

##### 4.4.1 Audit energi awal

Kegiatan audit energi awal meliputi: pengumpulan data energi bangunan dengan data-data historis yang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran. Kegiatan pada audit energi awal berupa :

1. Pengumpulan dan penyusunan data historis gedung tahun sebelumnya

Pengumpulan data historis gedung dilakukan pada tahap awal pada audit energi awal. Data ini digunakan untuk menghitung besarnya nilai IKE pada audit energi awal.

2. Menghitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) tahun sebelumnya

Perhitungan nilai IKE didapat dari data historis gedung yang sudah ada sebelumnya.

3. Memeriksa nilai IKE dengan IKE target/standar

Nilai IKE yang sudah didapat pada tahap perhitungan IKE diatas dibandingkan dengan nilai IKE standar untuk mengetahui pemakaian energi di bangunan tersebut.

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan tahun 1992, target besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik untuk Indonesia adalah sebagai berikut :  
(Direktorat Pengembangan Energi)

Table 4.1 IKE Standar

No.	Jenis bangunan	Standar
1.	IKE untuk perkantoran (komersil)	240 kWh / m <sup>2</sup> per tahun
2.	IKE untuk pusat belanja	330 kWh / m <sup>2</sup> per tahun
3.	IKE untuk hotel / apartemen	300 kWh / m <sup>2</sup> per tahun
4.	IKE untuk rumah sakit	380 kWh / m <sup>2</sup> per tahun

#### 4.4.2 Audit energi rinci

Audit energi rinci dilakukan apabila nilai IKE bangunan lebih besar dari target nilai IKE standar. Kegiatan Audit energi rinci berupa :

1. Penelitian dan pengukuran konsumsi energi

Pengukuran yang dilakukan adalah dengan mengukur pemakaian energi tiap unit peralatan dalam bangunan. Penelitian dan pengukuran konsumsi energi dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan, sehingga dapat diketahui peralatan penggunaan energi apa saja yang pemakaian energinya cukup besar.

2. Menghitung besarnya nilai IKE dan membandingkannya dengan IKE standarnya

Data yang diperoleh dari pengukuran dan penelitian konsumsi energi diatas selanjutnya dihitung besarnya nilai IKEnya dan dibandingkan dengan IKE standarnya untuk bangunan tersebut.

3. Mencari peluang penghematan energi (PHE)

Besarnya IKE hasil perhitungan dibandingkan dengan IKE standar atau target IKE. Apabila hasilnya ternyata sama atau kurang dari target IKE, maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan atau bila diteruskan dengan harapan dapat diperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Namun sebaliknya jika hasilnya lebih besar dari target IKE berarti ada peluang untuk melanjutkan proses audit energi rinci berikutnya guna memperoleh penghematan energi.

4. Analisis peluang penghematan energi

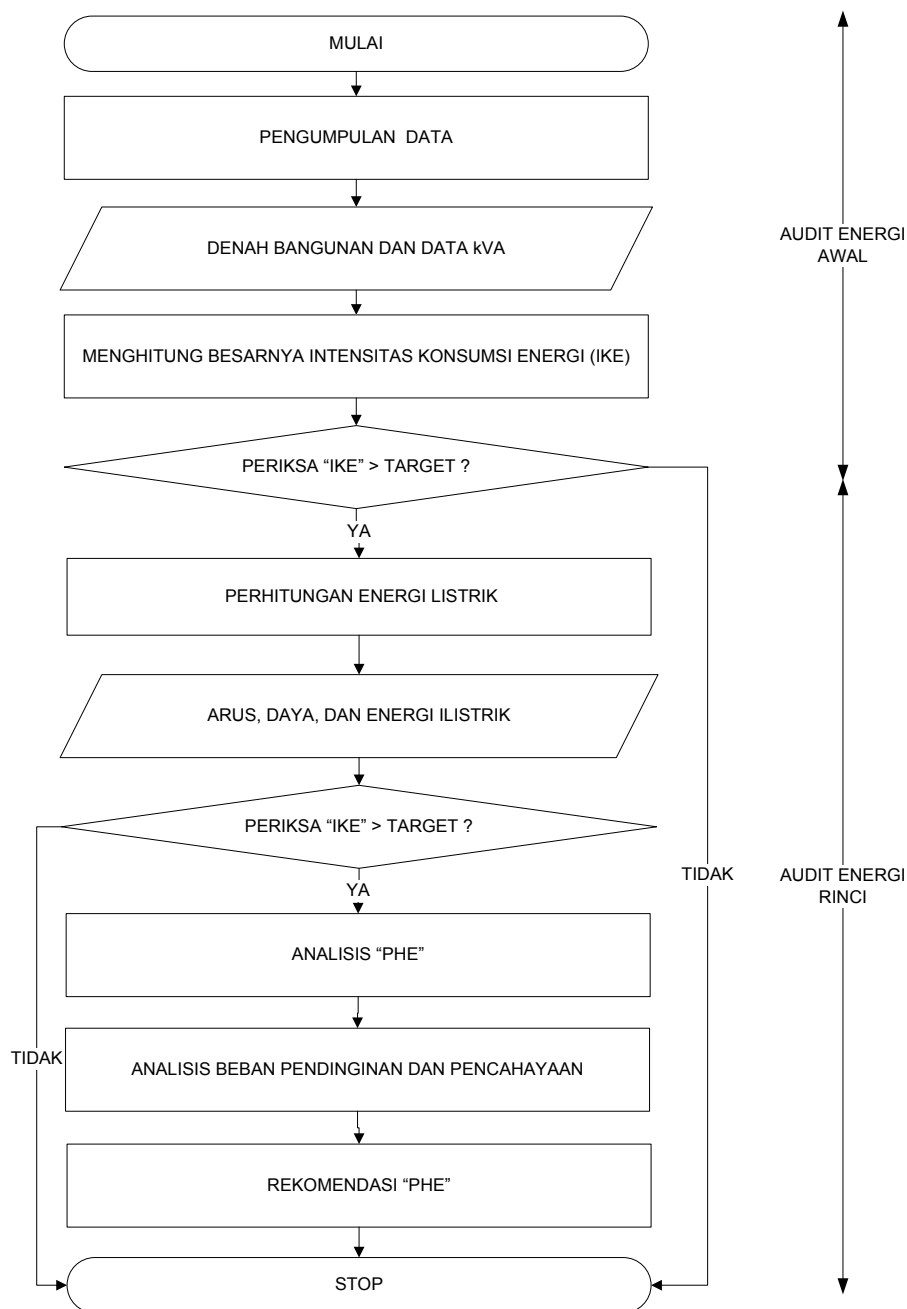
Setelah didapat peluang penghematan energi sebelumnya, maka perlu ditindaklanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Tingkat kenyamanan dan produktifitas kerja juga perlu diperhatikan dalam langkah penghematan energi.

5. Analisis *cooling load* (beban pendinginan) dan simulasi pencahayaan *software DIALux*



Pada analisis ini, dihitung beban pendinginan ruang yang dibutuhkan dengan menggunakan metode CLF. Selain itu juga untuk mengetahui peluang penghematan pencahayaan ruangan dilakukan simulasi dengan *software* DIALux.

#### 4.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.1 Bagan alur proses penelitian

Pada bagan alur proses gambar 4.1 penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yakni audit awal dan audit rinci. Pada audit awal menggunakan data hasil pengukuran sebelumnya dan data historis perusahaan. Audit rinci dimulai ketika hasil audit standar melebihi standar. Selanjutnya dilakukan audit rinci secara lebih mendetail untuk mengetahui jumlah konsumsi energi.

Setelah diketahui jumlah konsumsi energinya selanjutnya dianalisis peluang penghematan. Hasil analisis peluang penghematan tersebut akan dijadikan sebagai rekomendasi perbaikan.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Audit Awal

Pada audit energi awal, data hasil pengukuran dijadikan sebagai acuan apakah IKE yang digunakan melebihi standar atau tidak.

Dengan menggunakan data hasil pengukuran berupa ukuran kVA panel listrik dari perusahaan, maka dapat diketahui energi listriknya. Berikut hasil perhitungan daya dan energi listrik pada tiap gedung pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 kVA panel listrik

No.	Nama panel	Gedung yang dicakup	Daya (kVA)	Energi (kWh)
1.	<i>Load center</i> wisma 1	Wisma Anggrek	11,67	280,08
2.	<i>Load center</i> wisma 2	Wisma Bougenvile	14,25	342
3.	<i>Load center</i> wisma 3	Wisma Cempaka	16,19	388,56
4.	<i>Load center</i> masjid	Masjid & Wisma Edelweiss	12,8	307,2
5.	<i>Load center</i> kantin	Kantin & Wisma Dahlia	15,1	362,4
6.	<i>Load center</i> wisma 4	Wisma Raflesia	21,51	516,24

Pada Tabel 5.1 energi listrik yang dihitung adalah energi listrik yang dikonsumsi selama satu hari (24 jam), maka hasil pengukuran daya listrik dari panel listrik kVA dikalikan dengan 24 jam.

Kemudian untuk mengetahui nilai IKE, maka dihitung luasan area gedung sebagai pembagi energi listrik yang digunakan. Perhitungan luas area gedung diperoleh menggunakan data yang berupa denah dan ukuran gedung, seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Luasan area

No.	Ruangan	Luas <i>gross</i> (m <sup>2</sup> )	Luas <i>net</i> (m <sup>2</sup> )
1	Wisma Anggrek	440	236
2	Wisma Bougenvile	650	255

Tabel 5.2 Luasan area (lanjutan)

No.	Ruangan	Luas <i>gross</i> (m <sup>2</sup> )	Luas <i>net</i> (m <sup>2</sup> )
3	Wisma Cempaka	539,8	248
4	Wisma Edelweiss	168	123,13
5	Gedung serbaguna	1098	202,5
6	Kantin & wisma Dahlia	657,5	355
7	Wisma Kembar	260,25	121,5
8	Masjid	486,9	233,5
9	Wisma Putri	460,56	336,96
10	Wisma Raflesia	618	451,2
11	Wisma Teratai	220	128

Dari hasil Tabel 5.2, luasan area yang digunakan dalam perhitungan digolongkan menjadi dua yaitu, luas area *gross* dan luas area *net*. Luas *gross* adalah luasan gedung secara keseluruhan, luasan area tersebut diperoleh dari ukuran gedung dari denah. Luas *net* adalah luas area (ruangan) yang terkondisikan.

Tabel 5.3 IKE awal

No.	Gedung	IKE <i>gross</i> (kWh/m <sup>2</sup> )	IKE <i>net</i> (kWh/m <sup>2</sup> )
1.	Wisma Anggrek	0,637	1,187
2.	Wisma Bougenvile	0,526	1,341
3.	Wisma Cempaka	0,720	1,567
4.	Masjid & Wisma Edelweiss	0,631	1,316
5.	Kantin & Wisma Dahlia	0,551	1,021
6.	Wisma Raflesia	0,835	1,144

Dari Tabel 5.3 IKE *gross* diperoleh dengan membagi jumlah energi listrik pada suatu gedung dengan luasan *gross* area gedung tersebut. Adapun IKE *net* diperoleh dengan membagi jumlah energi listrik pada suatu gedung dengan luasan area gedung yang terkondisikan. Dari hasil Tabel 5.3 menunjukkan bahwa nilai IKE *gross* merupakan hasil gabungan dari IKE *net* dengan IKE pada area yang tidak terkondisi pada area gedung tersebut. Oleh karena itu, nilai IKE *gross* lebih besar daripada IKE *net*.

Perbandingan IKE awal dengan IKE standar disajikan pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Perbandingan IKE awal dengan IKE standar

No.	Gedung	IKE (kWh/m <sup>2</sup> / hari)	IKE standar (kWh /m <sup>2</sup> / hari)
1.	Wisma Anggrek	1,187	0,833
2.	Wisma Bougenvile	1,341	0,833
3.	Wisma Cempaka	1,567	0,833
4.	Masjid & Wisma Edelweiss	1,316	0,833
5.	Kantin & Wisma Dahlia	1,021	0,833
6.	Wisma Raflesia	1,144	0,833

Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa semua gedung nilai IKE-nya melebihi standar sehingga terdapat peluang penghematan energi, maka perlu dilakukan audit rinci.

## 5.2 Audit Rinci

Secara umum peralatan dalam gedung yang mengkonsumsi energi listrik dibagi menjadi empat jenis, yaitu: *Air Conditioning* (AC), *lighting* (lampu), *electrical equipment* (peralatan elektronik), dan *heater*. Energi yang dikonsumsi merupakan penjumlahan dari keempat jenis peralatan tersebut.

Untuk menentukan waktu operasi yang digunakan dalam perhitungan energi maka dibuat estimasi waktu operasi tiap aktifitas seperti Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Estimasi waktu operasi berdasarkan aktifitas

No.	Range waktu	Lama waktu (jam)	Keterangan
a. Aktifitas di <i>office</i>			
1.	07.00-17.00	10	Jam kerja di <i>office</i>
<b>Total Waktu</b>		<b>10</b>	
b. Aktifitas di wisma			
2.	17.00-18.00	1	Mandi
3.	18.30-19.00	0,5	Masuk wisma dan istirahat
4.	20.00-04.30	8,5	Istirahat di wisma

Tabel 5.5 Estimasi waktu operasi berdasarkan aktifitas (lanjutan)

No.	Range waktu	Lama waktu (jam)	Keterangan
5.	05.00-06.30	1,5	Istirahat di wisma
6.	06.30-07.00	0,5	Mandi
<b>Total Waktu</b>		<b>12</b>	
c. Aktifitas di masjid			
7.	12.00-14.00	2	Sholat Dhuhur
8.	15.00-17.00	2	Sholat Ashar
9.	18.00-19.00	1	Sholat Maghrib
10.	19.00-21.00	2	Sholat Isya
11.	04.00-05.00	1	Sholat Subuh
<b>Total Waktu</b>		<b>8</b>	
d. Aktifitas di kantin			
12.	04.00-06.00	2	Memasak
13.	06.00-07.00	1	Makan pagi
14.	09.00-12.00	3	Memasak
15.	12.00-13.00	1	Makan siang
15.	16.00-18.00	2	Memasak
16.	18.00-21.00	3	Makan malam
<b>Total Waktu</b>		<b>12</b>	

Tabel 5.5 menunjukkan waktu operasi di *office* selama 10 jam, di wisma selama 12 jam, di masjid selama 8 jam, dan kantin selama 12 jam.

Berdasarkan data dan hasil pengukuran maka diperoleh perhitungan nilai IKE yang disajikan seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil audit rinci

No	Nama gedung	Luas (m <sup>2</sup> )	Energi perbulan (kWh)	IKE (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Wisma Anggrek	236	7.133	30,23
2	Wisma Bougenvile	255	11.244	44,09
3	Wisma Cempaka	248	11.080	44,68
4	Wisma Edelweiss	123,13	3.317	26,94
5	Gedung Serbaguna	202,5	7.321	36,15
6	Kantin & Wisma Dahlia	355	7.563	21,30

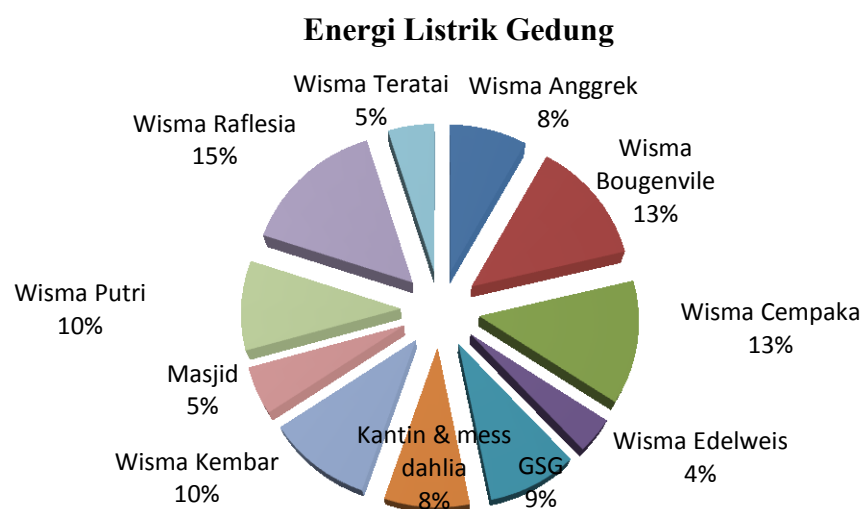


Tabel 5.6 Hasil audit rinci (lanjutan)

No	Nama gedung	Luas (m <sup>2</sup> )	Energi perbulan (kWh)	IKE (kWh/m <sup>2</sup> )
7	Wisma Kembar	121,5	8.979	73,90
8	Masjid	233,5	4.157	17,80
9	Wisma Putri	336,96	7.791	23,12
10	Wisma Raflesia	451,17	12.406	27,50
11	Wisma Teratai	128	4.024	31,44

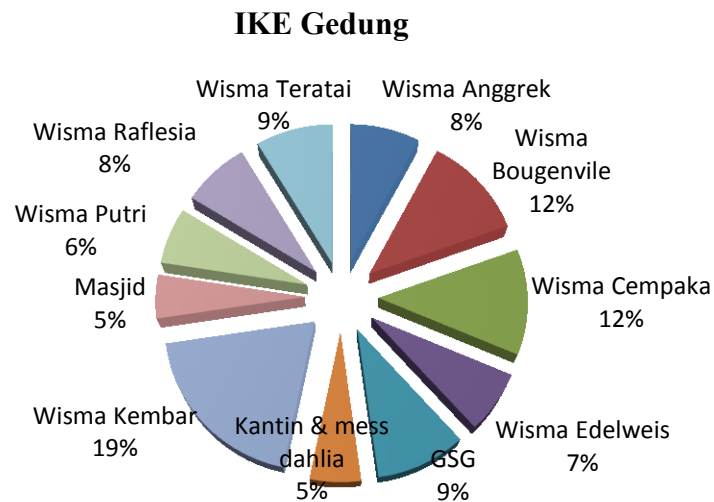
Tabel 5.6 menunjukkan nilai IKE yang beragam. Energi listrik terbesar digunakan pada Wisma Raflesia. Sedangkan IKE terbesar pada Wisma Kembar.

Dari rekap hasil audit rinci seperti Tabel 5.6 dibuat persentase penggunaan energi listrik dan IKE pada tiap gedung. Persentase ini menunjukkan perbandingan konsumsi energi listrik dan IKE dengan gedung yang lain.



Gambar 5.1 Persentase penggunaan energi gedung bagian luar

Persentase penggunaan energi listrik yang terbesar mencapai 15% pada Wisma Raflesia dan terkecil pada Wisma Edelweis sebesar 4% yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



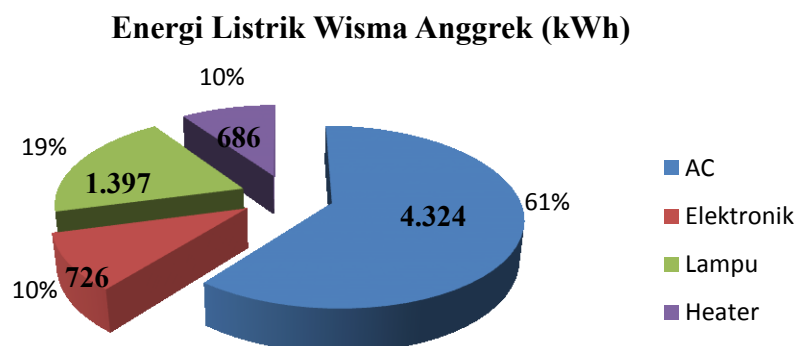
Gambar 5.2 Persentase penggunaan IKE gedung bagian luar

Persentase penggunaan IKE terbesar adalah 19% di Wisma Kembar. Sedangkan penggunaan IKE terkecil pada kantin & Wisma Dahlia sebesar 5% seperti terlihat pada Gambar 5.2.

### 5.3 Analisis Konsumsi Energi Tiap Gedung

#### 1. Wisma Anggrek

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.3 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

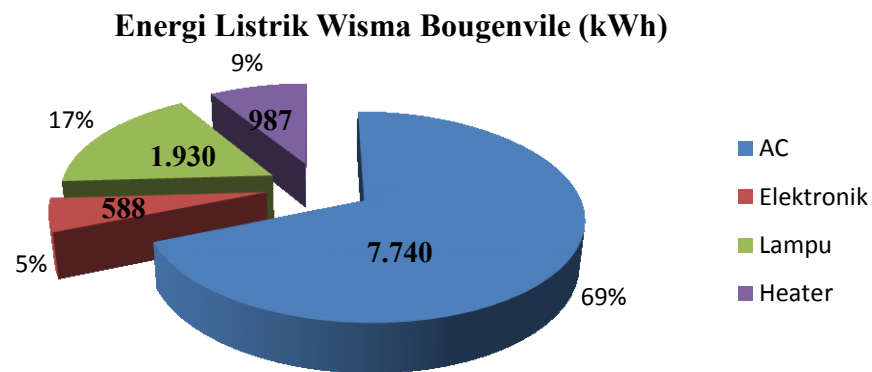


Gambar 5.3 Penggunaan energi listrik pada Wisma Anggrek

Dari Gambar 5.3 pada Wisma Anggrek, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

## 2. Wisma Bougenvile

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.4 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

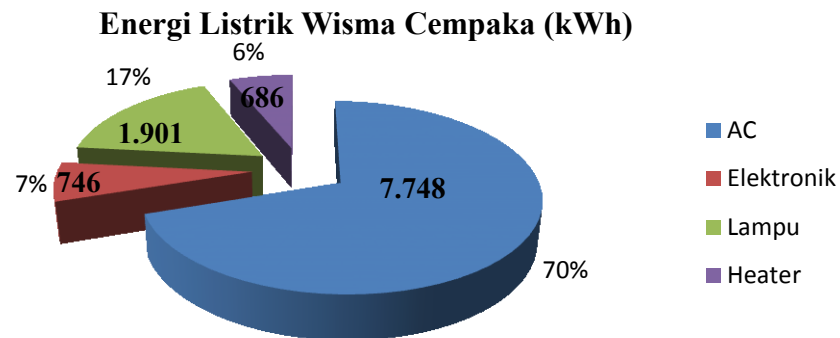


Gambar 5.4 Penggunaan energi listrik pada Wisma Bougenvile

Dari Gambar 5.4 pada Wisma Bougenvile, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

## 3. Wisma Cempaka

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.5 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

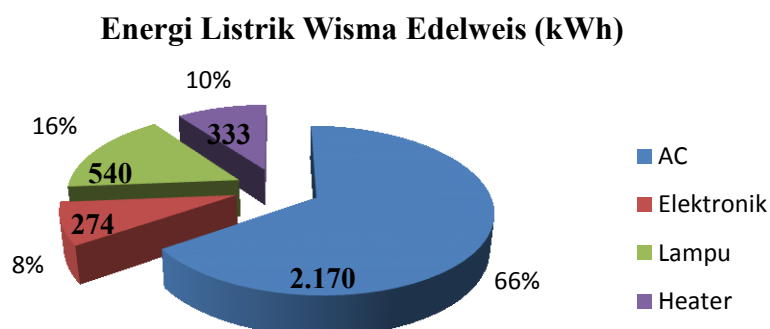


Gambar 5.5 Penggunaan energi listrik pada Wisma Cempaka

Dari Gambar 5.5 pada Wisma Cempaka energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

#### 4. Wisma Edelweis

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.6 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

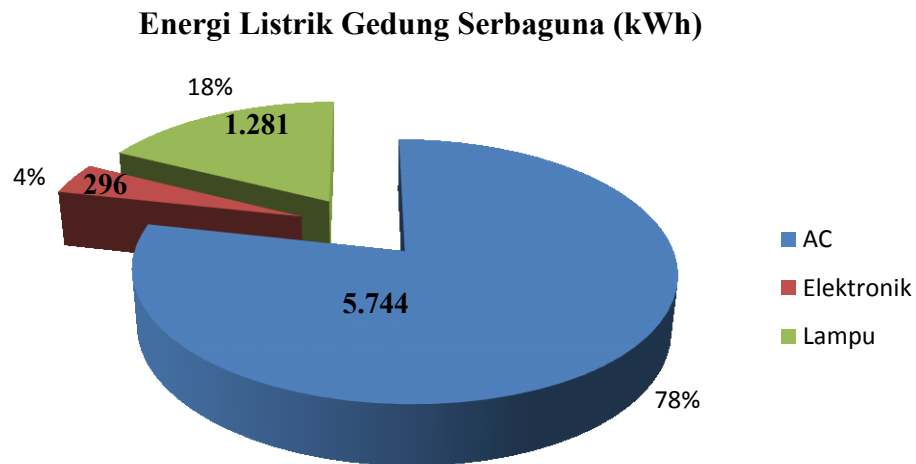


Gambar 5.6 Penggunaan energi listrik pada Wisma Edelweis

Dari Gambar 5.6 pada Wisma Edelweis, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

## 5. Gedung Serbaguna

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.7 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.



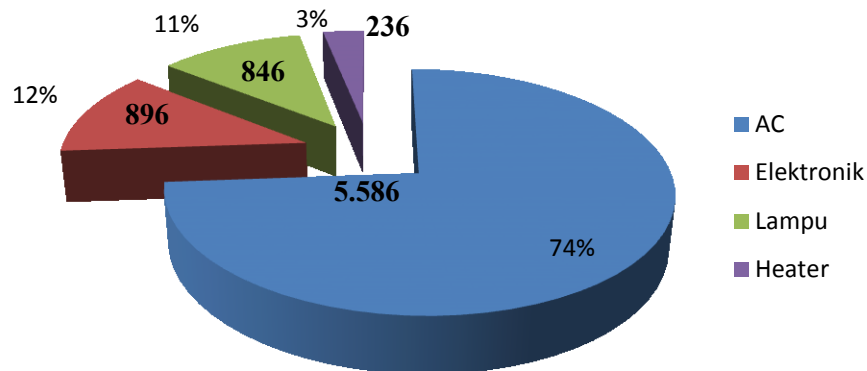
Gambar 5.7 Penggunaan energi listrik pada Gedung Serbaguna

Dari Gambar 5.7 pada Gedung Serbaguna, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, dan yang ketiga untuk alat elektronik. Pada gedung serbaguna tidak menggunakan *heater* sehingga proporsi penggunaan energi listrik pada gedung ini berbeda dengan gedung yang lain.

## 6. Kantin & Wisma Dahlia

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.8 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

### Energi Listrik Kantin&Wisma Kembar (kWh)



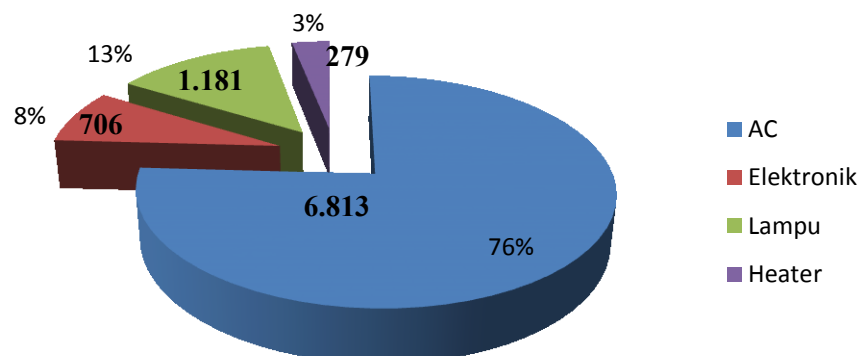
Gambar 5.8 Penggunaan energi listrik pada Kantin dan Wisma Dahlia

Dari Gambar 5.8 pada Kantin & Wisma Dahlia, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk alat elektronik, yang ketiga untuk lampu, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

### 7. Wisma Kembar

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.9 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

### Energi Listrik Wisma Kembar (kWh)

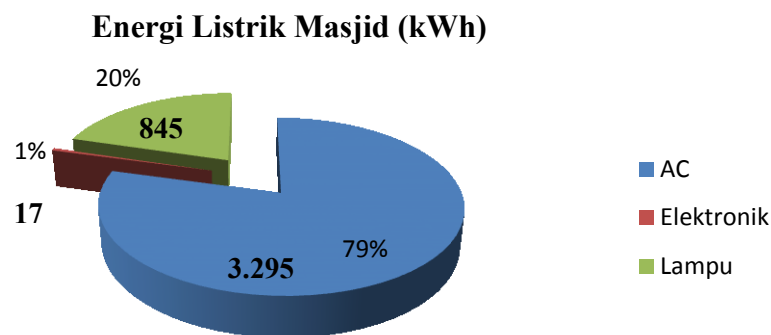


Gambar 5.9 Penggunaan energi listrik pada Wisma Kembar

Dari Gambar 5.9 pada Wisma Kembar, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

## 8. Masjid

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.10 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.



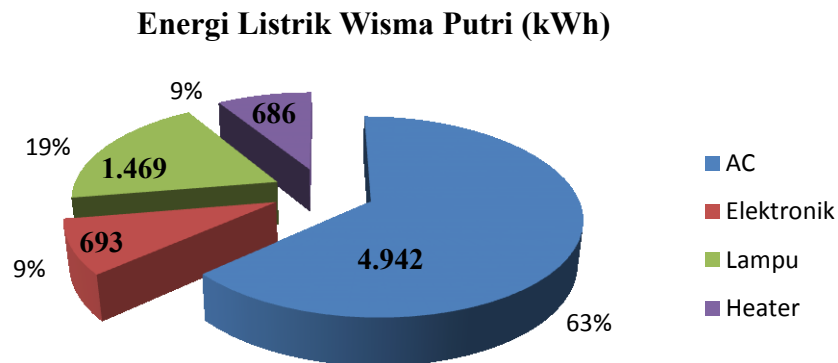
Gambar 5.10 Penggunaan energi listrik pada Masjid

Dari Gambar 5.10 pada Masjid, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, dan yang ketiga untuk alat elektronik.

## 9. Wisma Putri

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.11 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.



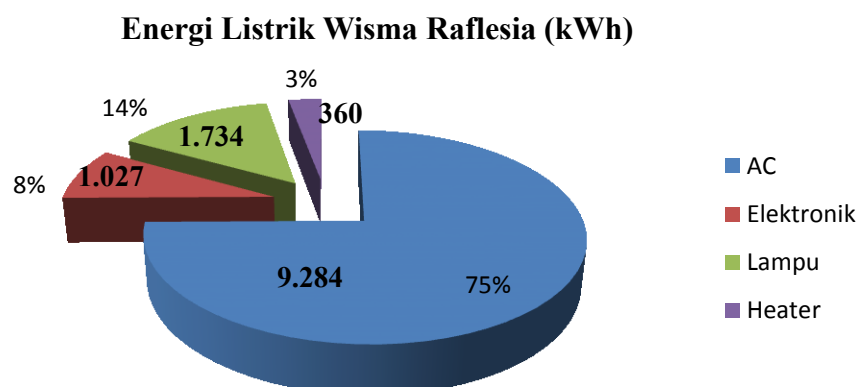


Gambar 5.11 Penggunaan energi listrik pada Wisma Putri

Dari Gambar 5.11 pada Wisma Putri, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

#### 10. Wisma Raflesia

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.12 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.

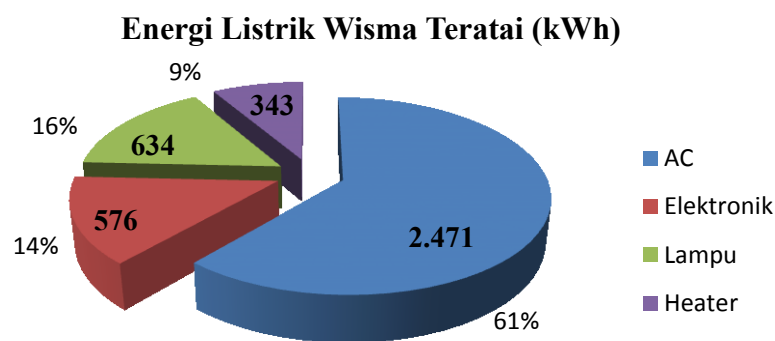


Gambar 5.12 Penggunaan energi listrik pada Wisma Raflesia

Dari Gambar 5.12 pada Wisma Raflesia, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

## 11. Wisma Teratai

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh besarnya energi listrik pada gedung ini yang disajikan dalam Gambar 5.13 seperti di bawah ini. Serta ditampilkan juga persentase penggunaan energi listrik pada tiap parameter dalam bentuk *pie chart*.



Gambar 5.13 Persentase penggunaan energi listrik pada Wisma Teratai

Dari Gambar 5.13 pada Wisma Teratai, energi listrik terbesar yang digunakan adalah untuk AC, yang kedua untuk lampu, yang ketiga untuk alat elektronik, dan yang paling sedikit dalam penggunaannya adalah untuk *heater*.

Tabel 5.7 Penggunaan peralatan listrik pada tiap gedung

No	Nama gedung	AC (kWh)	Elektronik (kWh)	Lampu (kWh)	Heater (kWh)	Jumlah (kWh)
1	Wisma Anggrek	4.324	726	1.397	686	7.133
2	Wisma Bougenvile	7.740	588	1.930	987	11.244
3	Wisma Cempaka	7.748	746	1.901	686	11.080
4	Wisma Edelweiss	2.170	274	540	333	3.317
5	Gedung Serbaguna	5.744	296	1.281	0	7.321
6	Kantin & Wisma Dahlia	5.586	895	846	236	7.563
7	Wisma Kembar	6.813	706	1.181	279	8.979

Tabel 5.7 Penggunaan peralatan listrik pada tiap gedung  
(lanjutan)

No	Nama gedung	AC (kWh)	Elektronik (kWh)	Lampu (kWh)	Heater (kWh)	Jumlah (kWh)
8	Masjid	3.295	17	845	0	4.157
9	Wisma Putri	4.942	693	1.469	686	7.791
10	Wisma Raflesia	9.284	1.027	1.734	360	12.406
11	Wisma Teratai	2.471	576	634	343	4.024
<b>Total</b>		<b>60.116</b>	<b>6.545</b>	<b>13.757</b>	<b>4.597</b>	<b>85.015</b>

Pada Tabel 5.7 merupakan rekap penggunaan energi listrik secara keseluruhan pada tiap peralatan listrik pada tiap gedung.

### 5.3.1 Analisis potensi penghematan energi

Peluang penghematan energi pada tiap gedung disajikan pada Tabel 5.8.

Table 5.8 Peluang penghematan energi

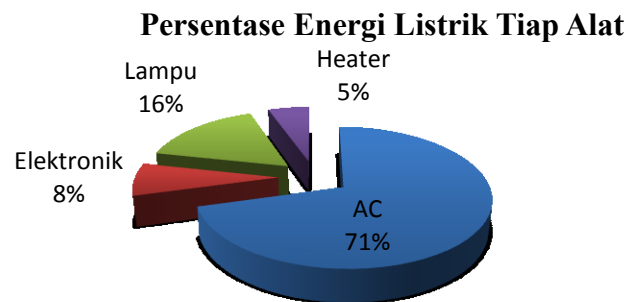
No	Nama gedung	IKE rinci (kWh/m <sup>2</sup> )	IKE standar (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta$ IKE (kWh/m <sup>2</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	ECO Energi (kWh)
1	Wisma Anggrek	30,23	25	5,226	236,00	1.233,28
2	Wisma Bougenvile	44,09	25	19,092	255,00	4.868,58
3	Wisma Cempaka	44,68	25	19,679	248,00	4.880,32
4	Wisma Edelweiss	26,94	25	1,938	123,125	238,56
5	Gedung Serbaguna	36,15	20	16,154	202,5	3.271,26
6	Kantin & Wisma Dahlia	21,30	20	1,303	355,00	462,52
7	Wisma Kembar	73,90	25	48,901	121,5	5.941,47
8	Masjid	17,80	17	0,805	233,50	187,96
9	Wisma Putri	23,12	25	-1,880	336,96	0,00
10	Wisma Raflesia	27,50	25	2,498	451,17	1.127,07
11	Wisma Teratai	31,44	25	6,436	128	823,84
<b>Jumlah</b>						<b>23.034,86</b>

$\Delta$ IKE merupakan selisih antara IKE rinci dengan IKE standar, dimana selisih ini merupakan peluang penghematan energi per satuan luas pada gedung tersebut. Dari Tabel 5.7 terdapat nilai  $\Delta$ IKE negatif disebabkan karena nilai IKE rinci lebih

rendah daripada IKE standar. Sehingga tidak ada peluang penghematan energi pada gedung tersebut.

Peluang penghematan terbesar terdapat pada Wisma Kembar sebesar 5.941,47 kWh. Pada Wisma Putri tidak terdapat peluang penghematan, sehingga kondisi energi pada gedung tersebut pada keadaan sesuai dengan standar. Secara keseluruhan peluang penghematan energi pada seluruh gedung sebesar 23.034,86 kWh dalam satu bulan.

Berikut ini disajikan persentase penggunaan energi listrik tiap peralatan secara keseluruhan pada semua gedung, seperti pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Persentase penggunaan listrik tiap peralatan

Gambar 5.14 menunjukkan bahwa peluang penghematan terbesar adalah dengan cara melakukan penghematan pada AC. Peluang penghematan kedua pada lampu, ketiga pada *heater*, dan keempat pada elektronik.

Dari Gambar *pie chart* di atas, direkomendasikan penghematan energi listrik dilakukan pada AC dan lampu. Hal ini dikarenakan AC dan lampu memiliki proporsi terbesar dalam penggunaan energi listrik pada seluruh gedung.

### 5.3.2. Analisis penghematan pada AC

Penghematan pada AC dilakukan melalui perhitungan beban pendinginan (*cooling load*) yang seharusnya dipindahkan pada AC. Dalam perhitungan beban pendinginan, faktor yang berpengaruh dalam perhitungan adalah kalor yang ditimbulkan dari lantai, atap, dinding, pintu, jendela, pencahayaan dan penghuni. Pada perhitungan peluang penghematan pada AC ditampilkan pada Tabel 5.9.

Berikut disajikan secara ringkas pada Tabel 5.9, beban pendinginan pada tiap-tiap gedung.

Tabel 5.9 Beban pendinginan ruangan

No	Nama gedung	Nama Ruang	Beban Pendinginan (Btu/h)	Kapasitas AC rekomendasi (pk)	Kapasitas AC terpasang (pk)
1	Wisma Anggrek	Kamar 1	5.960	0,75	1
		Kamar 2	5.960	0,75	1
		Kamar 3	6.644	0,75	1
		Kamar 4	6.644	0,75	1
		Kamar 5	5.960	0,75	1
		Kamar 6	5.960	0,75	1
		Kamar 7	5.960	0,75	1
		Kamar 8	5.960	0,75	1
		Kamar 9	5.960	0,75	1
		Kamar 10	5.960	0,75	1
		Kamar 11	6.644	0,75	1
		Kamar 12	6.644	0,75	1
		Kamar 13	5.960	0,75	1
		Kamar 14	5.960	0,75	1
2	Wisma Bougenvile	Kamar 1	7.985	1	1
		Kamar 2	7.985	1	1
		Kamar 3	7.985	1	1
		Kamar 4	7.985	1	1
		Kamar 5	7.985	1	1
		Kamar 6	7.985	1	1
		Kamar 7	7.985	1	1
		Kamar 8	7.985	1	1
		Kamar 9	7.985	1	1
		Kamar 10	7.985	1	1
		Kamar 11	7.985	1	1
		Kamar 12	7.985	1	1
		Kamar 13	5.276	0,5	1
		Kamar 14	5.276	0,5	1
		Kamar 15	7.633	1	1
		Kamar 16	7.633	1	1
		R.Fitness	33.809	4	5

Tabel 5.9 Beban pendinginan ruangan (lanjutan)

No	Nama gedung	Nama Ruang	Beban Pendinginan (Btu/h)	Kapasitas AC rekomendasi (pk)	Kapasitas AC terpasang (pk)
3	Wisma Cempaka	Kamar 1	6.554	0,75	1
		Kamar 2	6.554	0,75	1
		Kamar 3	6.554	0,75	1
		Kamar 4	6.554	0,75	1
		Kamar 5	6.554	0,75	1
		Kamar 6	6.554	0,75	1
		Kamar 7	6.554	0,75	1
		Kamar 8	6.554	0,75	1
		Kamar 9	6.554	0,75	1
		Kamar 10	6.554	0,75	1
		Kamar 11	6.554	0,75	1
		Kamar 12	6.554	0,75	1
		Kamar 13	6.269	0,75	1
		Kamar 14	6.269	0,75	1
		Kamar 15	6.269	0,75	1
		Kamar 16	6.269	0,75	1
		<i>Relax room</i>	43.437	5	8
4	Wisma Edelweis	Kamar 1	8.950	1	1
		Kamar 2	9.113	1	1
		Kamar 3	9.113	1	1
		Kamar 4	7.991	1	1
		Kamar 5	10.342	1	1
		Kamar 6	11.447	1	1
		R seterika	8.316	1	1
5	Gedung Serbaguna	R tidur	18.822	0,75	2
		R adm gdg	8.541	0,75	1
		R utama	22.154	0,75	10
6	Kantin dan Wisma Dahlia	Kamar 1	8.840	1	1
		Kamar 2	6.796	0,75	1
		Kamar 3	4.753	0,5	1
		Kamar 4	4.753	0,5	1
		Kamar 5	5.329	0,5	1
		Kamar 6	4.203	0,5	1
		NMPT	68.534	8	9
		MPT	45.784	5	8

Tabel 5.9 Beban pendinginan ruangan (lanjutan)

No	Nama gedung	Nama Ruang	Beban Pendinginan (Btu/h)	Kapasitas AC rekomendasi (pk)	Kapasitas AC terpasang (pk)
6	Kantin dan Wisma Dahlia	R. <i>Management</i>	20.360	3	5
		Dapur bersih	6.346	0,75	1
7	Wisma kembar	Kamar 1	3.465	0,5	1
		Kamar 2	3.465	0,5	1
		Kamar 3	4.515	0,5	1
		Kamar 4	4.576	0,5	1
		Kamar 5	3.640	0,5	1
		Kamar 6	3.024	0,5	1
		Kamar 7	3.085	0,5	1
		Kamar 8	2.408	0,5	1
		Kamar 9	3.386	0,5	1
		Kamar 10	3.024	0,5	1
		Kamar 11	5.636	0,75	1
		Kamar 12	5.244	0,75	1
		Serbaguna	11.415	2	8
8	Masjid	R. Sholat	37.064	5	8
9	Wisma Putri	Kamar 1	7.534	1	1
		Kamar 2	7.534	1	1
		Kamar 3	5.987	0,75	1
		Kamar 4	5.987	0,75	1
		Kamar 5	5.987	0,75	1
		Kamar 6	5.987	0,75	1
		Kamar 7	7.534	1	1
		Kamar 8	7.534	1	1
		Kamar 9	7.534	1	1
		Kamar 10	7.534	1	1
		Kamar 11	5.987	0,75	1
		Kamar 12	5.987	0,75	1
		Kamar 13	5.987	0,75	1
		Kamar 14	5.987	0,75	1
		Kamar 15	7.534	1	1
		Kamar 16	7.534	1	1



Tabel 5.9 Beban pendinginan ruangan (lanjutan)

No	Nama gedung	Nama Ruang	Beban Pendinginan (Btu/h)	Kapasitas AC rekomendasi (pk)	Kapasitas AC terpasang (pk)
10	Wisma Raflesia	Kamar 1	3.902	0,5	1
		Kamar 2	4.179	0,5	1
		Kamar 3	4.179	0,5	1
		Kamar 4	4.179	0,5	1
		Kamar 5	4.179	0,5	1
		Kamar 6	4.179	0,5	1
		Kamar 7	4.179	0,5	1
		Kamar 8	4.179	0,5	1
		Kamar 9	4.179	0,5	1
		Kamar 10	4.179	0,5	1
		Kamar 11	4.179	0,5	1
		Kamar 12	4.179	0,5	1
		Kamar 13	4.179	0,5	1
		Kamar 14	4.179	0,5	1
		Kamar 15	5.910	0,75	1
		Kamar 16	4.588	0,75	1
		Kamar 17	5.006	0,75	1
		Kamar 18	5.006	0,75	1
		Kamar 19	5.006	0,75	1
		Kamar 20	4.588	0,75	1
		Kamar 21	4.588	0,75	1
		Kamar 22	5.006	0,75	1
		Kamar 23	5.006	0,75	1
		Kamar 24	5.006	0,75	1
		Kamar 25	5.006	0,75	1
		Kamar 26	6.309	0,75	1
		R santai	13.019	1,5	5
11	Wisma Teratai	Kamar 1	8.390	1	1
		Kamar 2	6.097	0,75	1
		Kamar 3	6.097	0,75	1
		Kamar 4	8.390	1	1
		Kamar 5	8.390	1	1
		Kamar 6	6.097	0,75	1
		Kamar 7	6.097	0,75	1
		Kamar 8	8.390	1	1

Dari Tabel 5.9 menunjukkan beban pendinginan tiap ruang di tiap gedung. Selain itu juga ditampilkan kapasitas AC yang direkomendasikan dengan kapasitas AC terpasang.

### 5.3.2.1. Potensi penghematan energi pada AC

Setelah diketahui beban pendinginan pada AC, maka diperlukan usaha penghematan pada AC. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah melalui perubahan pola hidup (*behavior*) dalam penggunaan AC di wisma maupun di *office*. Perubahan pola hidup yang dilakukan berupa pengaturan suhu dalam ruangan sesuai dengan standar kenyamanan ruangan pada SNI 03-6390-2000 yaitu pada suhu  $25 \pm 1^\circ \text{Celsius}$ .

Berikut disajikan secara ringkas pada Tabel 5.10 peluang penghematan pada tiap-tiap gedung dengan cara mengatur suhu ruangan menjadi  $24^\circ \text{C}$ ,  $25^\circ \text{C}$ , dan  $26^\circ \text{C}$ .

Tabel 5.10 Peluang penghematan pada suhu  $24^\circ \text{C}$

No	Nama gedung	Biaya listrik AC aktual (Rp)	Biaya listrik AC pada suhu $24^\circ \text{C}$ (Rp)	Penghematan pada suhu $24^\circ \text{C}$ (Rp)
1	Wisma Anggrek	78.426	73.219	5.208
2	Wisma Bougenvile	141.472	96.675	44.798
3	Wisma Cempaka	133.936	109.660	24.276
4	Wisma Edelweiss	59.404	51.074	8.330
5	Gedung Serbaguna	45.067	35.388	9.679
6	Kantin & Wisma Dahlia	159.907	151.407	8.499
7	Wisma Kembar	51.770	45.593	6.177
8	Masjid	16.866	16.493	373
9	Wisma Putri	98.446	93.894	4.552
10	Wisma Raflesia	120.388	116.828	3.560
11	Wisma Teratai	52.739	44.391	8.348
<b>Total</b>		<b>958.422</b>	<b>834.622</b>	<b>123.801</b>

Biaya listrik AC aktual dalam Tabel 5.10 didasarkan pada suhu aktual pada saat pengukuran. Penghematan listrik sebesar 12,92% dari biaya aktual bila suhu tiap ruangan di-*set* pada suhu  $24^\circ \text{C}$ .

Tabel 5.11 Peluang penghematan AC pada suhu 25°C

No	Nama gedung	Biaya listrik AC aktual (Rp)	Biaya listrik AC pada suhu 25° C (Rp)	Penghematan pada suhu 25°C (Rp)
1	Wisma Anggrek	78.426	68.244	10.182
2	Wisma Bougenvile	141.472	90.931	50.542
3	Wisma Cempaka	133.936	103.818	30.118
4	Wisma Edelweiss	59.404	48.794	10.610
5	Gedung Serbaguna	45.067	33.262	11.805
6	Kantin & Wisma Dahlia	159.907	144.383	15.524
7	Wisma Kembar	51.770	42.978	8.792
8	Masjid	16.866	16.120	746
9	Wisma Putri	98.446	88.482	9.964
10	Wisma Raflesia	120.388	109.262	11.126
11	Wisma Teratai	52.739	40.794	11.945
<b>Total</b>		<b>958.422</b>	<b>787.068</b>	<b>171.354</b>

Tabel 5.11 menunjukkan penghematan listrik sebesar 17,88% dari biaya aktual bila suhu tiap ruangan di-*set* pada suhu 25°C, atau selisih penghematannya 4,96% dengan suhu 24°C suhu.

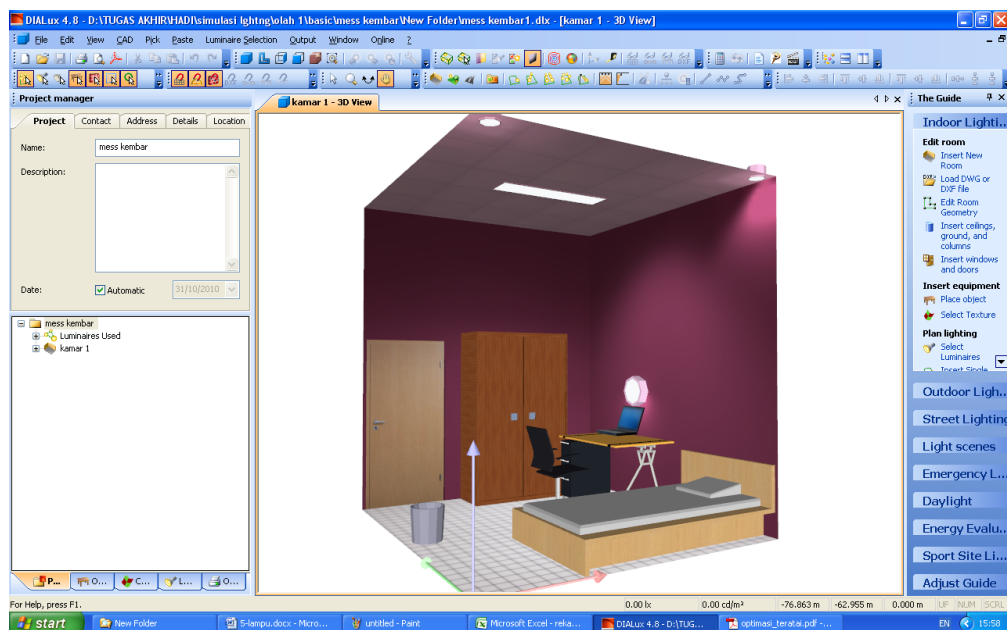
Tabel 5.12 Perhitungan penghematan AC pada suhu 26°C

No	Nama gedung	Biaya listrik AC aktual (Rp)	Biaya listrik AC pada suhu 26°C (Rp)	Penghematan pada suhu 26°C (Rp)
1	Wisma Anggrek	78.426	58.295	20.132
2	Wisma Bougenvile	141.472	79.443	62.030
3	Wisma Cempaka	133.936	92.132	41.804
4	Wisma Edelweiss	59.404	44.235	15.169
5	Gedung Serbaguna	45.067	29.011	16.056
6	Kantin & Wisma Dahlia	159.907	130.334	29.572
7	Wisma Kembar	51.770	37.749	14.022
8	Masjid	16.866	15.374	1.493
9	Wisma Putri	98.446	77.659	20.788
10	Wisma Raflesia	120.388	94.130	26.258
11	Wisma Teratai	52.739	33.601	19.138
<b>Total</b>		<b>958.422</b>	<b>691.962</b>	<b>266.460</b>

Tabel 5.12 menunjukkan penghematan listrik sebesar 27,80% dari biaya aktual bila suhu tiap ruangan di-*set* pada suhu 26°C, atau selisih penghematannya 9,92% dengan suhu 25°C suhu.

### 5.3.3. Analisis penghematan pada lampu

Selain hasil pengukuran energi listrik juga dilakukan pengukuran pencahayaan ruangan di tiap gedung. Hasil pengukuran pencahayaan dapat dilihat pada Lampiran 12. Kemudian dari hasil pengukuran pencahayaan dihitung iluminasi ruangan menggunakan *software* DIALux versi 4.8. *Software* ini adalah sebagai alat bantu acuan pada perhitungan pencahayaan ruangan. Fungsi utamanya adalah membangun skenario pencahayaan dalam tampilan tiga dimensi dan memberikan perhitungan pencahayaan dari skenario tersebut. *Screenshot software* DIALux 4.8 dapat dilihat pada Gambar 5.15.



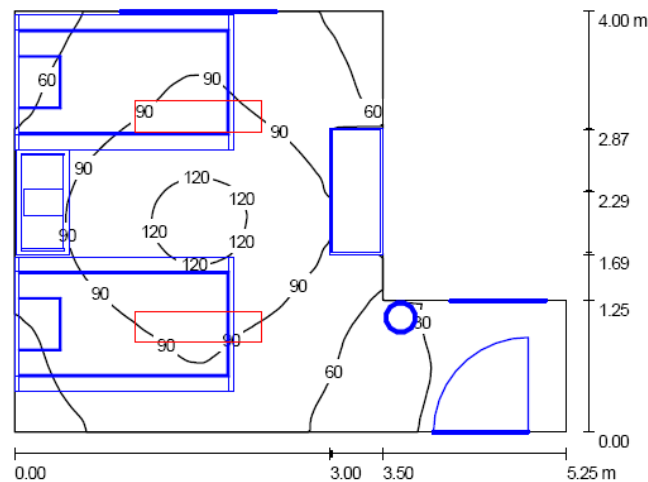
Gambar 5.15 Screenshot software DIALux 4.8

Kondisi pencahayaan pada ruangan, disimulasikan menggunakan *software* DIALux dengan mempertimbangkan geometri ruang, tekstur dan warna dinding ruangan. Pada simulasi ini, *inputan* pada *software* diperoleh dari hasil pengukuran.

Hasil simulasi pencahayaan ruangan setelah diatur parameter pencahayaannya akan divalidasi dengan pengukuran pencahayaan aktual menggunakan uji statistik. Hasil uji statistik dapat dilihat pada Lampiran 25. Berikut hasil pencahayaan ruangan setelah divalidasi.

### 1. Wisma Anggrek

Hasil simulasi ini berupa perhitungan intensitas cahaya dan sebaran pencahayaan pada kamar di Wisma Anggrek. Selain itu juga dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti terlihat pada Gambar 5.16.

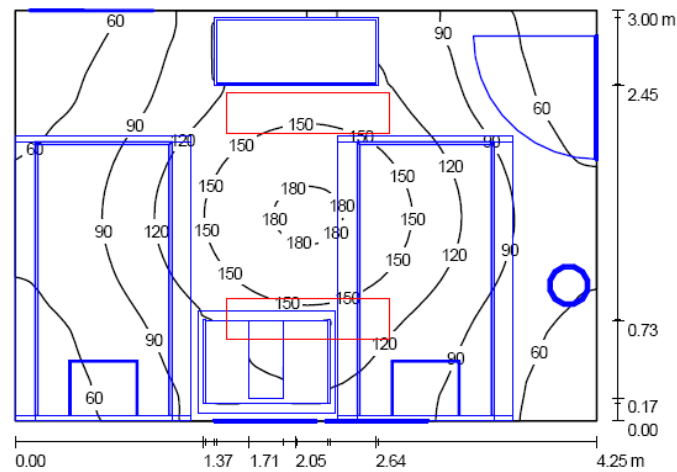


Gambar 5.16 Sebaran cahaya pada Wisma Anggrek

Gambar 5.16 menunjukkan persebaran cahaya pada Ruang 101 di Wisma Anggrek. Pada gambar tersebut, angka yang ditampilkan menunjukkan nilai *Lux* hasil perhitungan *software*. Garis-garis di sekitar angka menunjukkan area sebaran dari besarnya *Lux*.

### 2. Wisma Bougenvile

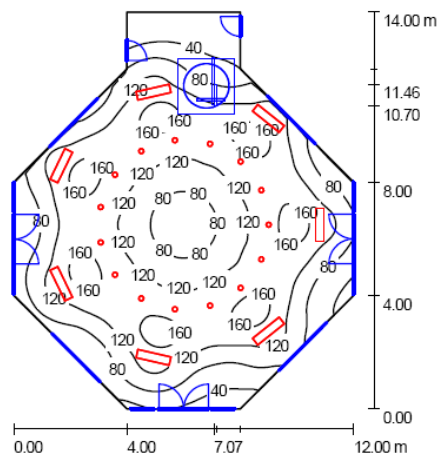
Hasil simulasi pada Wisma Bougenvile berupa perhitungan intensitas cahaya dan sebaran pencahayaan pada kamar di Wisma Bougenvile. Selain itu juga dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti terlihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Sebaran cahaya pada Wisma Bougenvile

### 3. Masjid

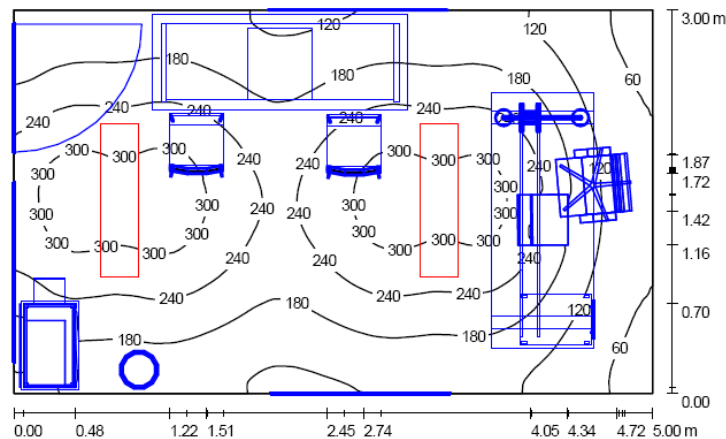
Hasil simulasi pada masjid berupa perhitungan intensitas cahaya dan sebaran pencahayaan pada ruang sholat di masjid. Selain itu juga dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti terlihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Sebaran cahaya pada ruang sholat di masjid

### 4. Gedung Serbaguna

Hasil simulasi pada Gedung Serbaguna berupa perhitungan intensitas cahaya dan sebaran pencahayaan pada Ruang Administrasi Gedung Serbaguna. Selain itu juga dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti terlihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Sebaran cahaya pada Ruang Administrasi

### 5.3.3.1 Optimasi penghematan energi pada lampu

Analisis penghematan energi pada lampu selain memperhatikan energi yang dihemat juga memperhatikan jenis lampu yang akan digunakan. Aspek yang dipertimbangkan yaitu kenyamanan ruangan sesuai dengan fungsi ruangan dan desain penataan lampu, uraiannya sebagai berikut:

1. Warna lampu lebih baik dengan jenis *warm white* 2700-3500 K. Karena warna lampu jenis itu akan memberikan *feeling* lebih nyaman dalam ruangan.
2. Lampu yang dipasang sebaiknya tidak terlihat secara langsung ketika penghuni sedang berbaring. Hal ini dapat disiasati menggunakan armatur lumener yang ada *cover* susunya atau disembunyikan di sudut-sudut menggunakan *cove*.
3. Karena pencahayaan yang dibutuhkan dalam ruang tidur tidak terlalu besar maka dapat menggunakan lampu belajar apabila penghuni ingin menggunakan ruangan untuk kegiatan baca tulis. Selain itu ditambahkan juga lampu tidur pada ruangan tersebut.

#### 1. Wisma Kembar

Kondisi optimasi hasil simulasi dengan menggunakan *DIALux 4.8* menunjukkan bahwa adanya peluang penghematan lampu dengan mengganti lampu dengan daya listrik yang lebih kecil. Dari simulasi juga memperhatikan aspek kenyamanan dalam ruang.

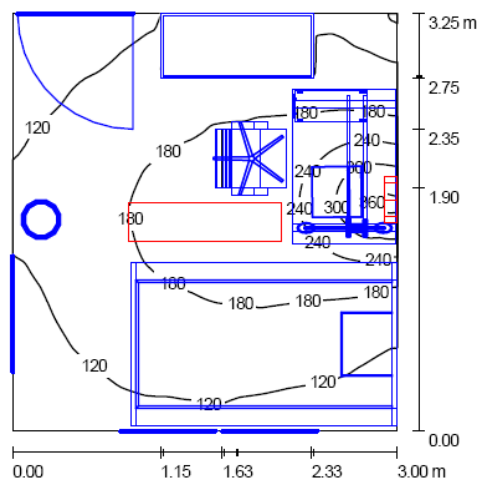




Gambar 5.20 Simulasi Kamar 01

Gambar 5.20 adalah gambar Kamar 01 hasil simulasi. Lampu yang digunakan pada Kamar 202 adalah Philips TBS326 2xTL5- 28W dan *table lamp* Philips FWG261 1xPL-C/4P18W. Daya listrik yang digunakan untuk lampu pada ruangan tersebut sebesar 74 Watt, lebih kecil dari pada daya listrik sebelumnya Philips TBS326 2xTL-D 36 Watt (kondisi aktual) yaitu 144 Watt. Untuk kegiatan baca tulis yang dilakukan di kamar tidur pada *mess*, dilakukan penambahan *table lamp* lampu Philips FWG261 1xPL-C/4P18W.

Selain itu juga dari hasil simulasi *software* dapat lihat persebaran cahaya pada ruangan, dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Sebaran cahaya pada Kamar 01

Gambar 5.21 menunjukkan persebaran cahaya pada Ruang 01 di Wisma Kembar. Pada gambar tersebut, angka yang ditampilkan menunjukkan nilai *Lux* hasil perhitungan *software*. Garis-garis di sekitar angka menunjukkan area sebaran dari besarnya *Lux*. Selain itu juga, tingkat pencahayaan pada area kerja telah memenuhi untuk kegiatan baca tulis, dengan luminasi 250-350 *Lux*.

## 2. Gedung Serbaguna

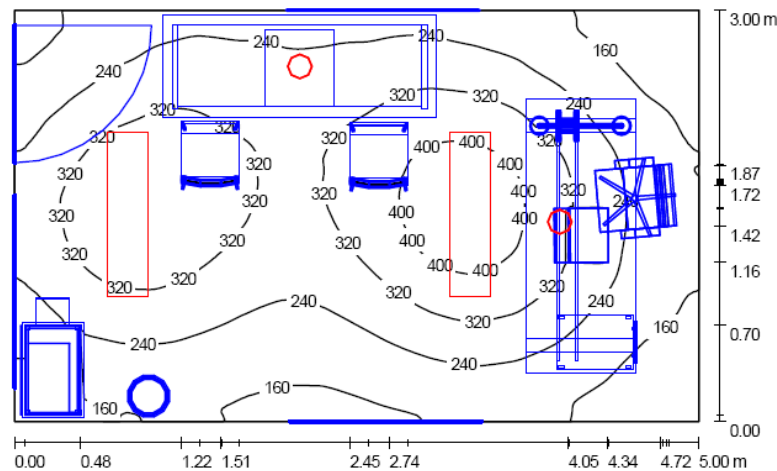
Kondisi optimasi hasil simulasi dengan menggunakan *DIALux 4.8* menunjukkan bahwa adanya peluang penghematan lampu dengan mengganti lampu dengan daya listrik yang lebih kecil. Dari simulasi juga memperhatikan aspek kenyamanan dalam ruang.



Gambar 5.22 Simulasi pada Ruang Administrasi

Gambar 5.22 adalah gambar ruang administrasi Gedung Serbaguna hasil optimasi. Lampu yang digunakan pada ruangan ini adalah Philips TBS326 2xTL5- 28W dan Philips FBS290 1xPL-C/4P13W. Daya listrik yang digunakan untuk lampu pada ruangan tersebut sebesar 138 Watt, lebih kecil dari pada daya listrik sebelumnya (kondisi aktual) yaitu 144 Watt.

Selain itu juga dari hasil simulasi *software* dapat lihat persebaran cahaya pada ruangan, dimensi ruangan serta posisi benda yang ada dalam ruangan tersebut seperti pada Gambar 5.22.



Gambar 5.23 Sebaran cahaya pada Ruang Administrasi

Gambar 5.23 menunjukkan persebaran cahaya pada Ruang Administrasi. Pada gambar tersebut, angka yang ditampilkan menunjukkan nilai *Lux* hasil perhitungan *software*. Garis-garis di sekitar angka menunjukkan area sebaran dari besarnya *Lux*.

Dari hasil simulasi menggunakan *software*, maka diperoleh peluang penghematan energi pada lampu selama satu bulan yang disajikan pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Peluang penghematan energi pada lampu

No	Nama Gedung	Energi lampu aktual (kWh)	Energi lampu rekomendasi (kWh)	Penghematan energi (kWh)
1	Wisma Anggrek	1.396,80	1.236,96	160
2	Wisma Bougenvile	1.929,60	1.743,84	186
3	Wisma Cempaka	1.900,80	1.753,20	148
4	Wisma Edelweiss	540,00	323,28	217
5	Gedung Serbaguna	1.281,12	933,60	348
6	Kantin & Wisma Dahlia	1.562,40	1.206,72	356
7	Wisma Kembar	1.180,80	778,32	402
8	Masjid	281,76	194,40	87
9	Wisma Putri	1.365,12	1.296,00	69
10	Wisma Raflesia	1.598,40	1.296,00	302
11	Wisma Teratai	581,76	547,20	35
<b>Total</b>		<b>13.619</b>	<b>11.310</b>	<b>2.309</b>

Tabel 5.13 merupakan hasil rekap penggunaan energi listrik selama satu bulan dan energi listrik rekomendasi setelah disimulasikan dengan *software* DIALux.

### 5.3.4 Analisis ekonomi peluang penghematan pada lampu

Waktu yang diperlukan agar investasi dapat dikembalikan (*payback period*) apabila menggunakan lampu jenis baru seperti yang disimulasikan dengan *software*, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PP = \frac{Co}{C} \quad (\text{Blocher, 2005})$$

dimana

PP = *Payback Period*

Co = *Initial Investment*

C = *Saving Cash Flow*

Biaya pengadaan lampu baru untuk semua unit lampu di semua gedung sebesar Rp 6.755.000,00. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15. Sedangkan perhitungan *cashflow* adalah penghematan semua unit lampu selama satu bulan di semua gedung, dengan harga per kWh Rp 915,00, disajikan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Penghematan listrik pada lampu

No	Nama gedung	ECO (kWh)	Penghematan Listrik (Rp)
1	Wisma Anggrek	160	Rp 146.253,60
2	Wisma Bougenvile	186	Rp 169.970,40
3	Wisma Cempaka	148	Rp 135.054,00
4	Wisma Edelweiss	217	Rp 198.298,80
5	Gedung Serbaguna	348	Rp 317.980,80
6	Kantin & Wisma Dahlia	356	Rp 325.447,20
7	Wisma Kembar	402	Rp 368.269,20
8	Masjid	87	Rp 79.934,40
9	Wisma Putri	69	Rp 63.244,80
10	Wisma Raflesia	302	Rp 276.696,00
11	Wisma Teratai	35	Rp 31.622,40
<b>Total</b>		<b>2.309</b>	<b>Rp 2.112.771,60</b>

Maka nilai PP dapat dihitung sebesar:

$$PP = \frac{\text{Rp } 6.755.000,00}{\text{Rp } 2.112.771,60/\text{ bln}}$$

$$PP = 3,2 \text{ bulan}$$

Artinya, lama waktu untuk pengembalian investasi sebesar Rp 6.755.000,00 adalah 3,2 bulan.

#### 5.4 Perhitungan IKE Rekomendasi

Selanjutnya nilai dari perhitungan daya dari beban pendinginan ruangan digunakan untuk menghitung nilai IKE. Hasil perhitungan beban pendinginan ruang dan simulasi lampu dengan *software* dikombinasikan dengan perhitungan IKE lama untuk memperoleh nilai IKE baru, yang disebut sebagai IKE rekomendasi. Nilai IKE tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai IKE standar.

Tabel 5.15 Perhitungan energi rekomendasi tiap alat

No	Nama gedung	Energi AC (kWh)	Energi Elektronik (kWh)	Energi Lampu (kWh)	Energi Heater (kWh)	Jumlah energi (kWh)
1	Wisma Anggrek	2.571	726	1.237	686	5.220
2	Wisma Bougenvile	4.638	588	1.744	987	7.957
3	Wisma Cempaka	4.391	746	1.753	686	7.577
4	Wisma Edelweiss	1.948	274	323	333	2.878
5	Gedung Serbaguna	1.325	296	934	0	2.555
6	Kantin & Wisma Dahlia	5.243	895	1.207	236	7.580
7	Wisma Kembar	1.697	706	778	279	3.461
8	Masjid	737	17	194	0	949
9	Wisma Putri	3.228	693	1.296	686	5.904
10	Wisma Raflesia	3.947	1.027	1.296	360	6.631
11	Wisma Teratai	1.729	576	547	343	3.196
<b>Total</b>		<b>31.455</b>	<b>6.545</b>	<b>11.310</b>	<b>4.597</b>	<b>53.906</b>

Tabel 5.15 menunjukkan perhitungan energi rekomendasi selama satu bulan tiap alat pada seluruh gedung.

Tabel 5.16 Perhitungan energi dan IKE rekomendasi

No	Nama Gedung	Energi rekomendasi (kWh)	Luas (m <sup>2</sup> )	IKE rekomendasi (kWh/m <sup>2</sup> )	IKE standar (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Wisma Anggrek	5.220	236,00	22,12	25
2	Wisma Bougenvile	7.957	255,00	31,20	25
3	Wisma Cempaka	7.577	248,00	30,55	25
4	Wisma Edelweiss	2.878	123,125	23,37	25
5	Gedung Serbaguna	2.555	202,5	12,62	25
6	Kantin & wisma Dahlia	7.580	355,00	21,35	25
7	Wisma Kembar	3.461	121,5	28,48	25
8	Masjid	949	233,50	4,07	25
9	Wisma Putri	5.904	336,96	17,52	25
10	Wisma Raflesia	6.631	451,17	14,70	25
11	Wisma Teratai	3.196	128	24,97	25

Tabel 5.16 menunjukkan nilai IKE beberapa gedung sudah dibawah standar, kecuali Wisma Bougenvile, Wisma Cempaka, dan Wisma Kembar.

#### 5.4.1. Peluang penghematan energi rekomendasi

Dari Tabel 5.16 dapat diketahui jumlah energi aktual yang digunakan dan jumlah energi idealnya, sehingga dapat diketahui berapa jumlah penghematan energi dan jumlah energi yang dapat dihemat.

Berikut ini adalah profil penggunaan energi dan peluang penghematan energi dari semua gedung dengan dasar IKE rekomendasi.

Tabel 5.17 Perhitungan energi rekomendasi

No	Nama gedung	IKE rinci (kWh/m <sup>2</sup> )	IKE rekomendasi (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta \text{IKE}_r$ (kWh/m <sup>2</sup> )	ECO Energi (kWh)
1	Wisma Anggrek	30,23	22,12	8,11	1.912,81
2	Wisma Bougenvile	44,09	31,20	12,89	3.286,96
3	Wisma Cempaka	44,68	30,55	14,13	3.503,82
4	Wisma Edelweiss	26,94	23,37	3,57	439,12
5	Gedung Serbaguna	36,15	12,62	23,54	4.766,26
6	Kantin & Wisma Dahlia	21,30	21,35	0,00	0,00
7	Wisma Kembar	73,90	28,48	45,42	5.518,09

Tabel 5.17 Perhitungan energi rekomendasi (lanjutan)

No	Nama gedung	IKE rinci (kWh/m <sup>2</sup> )	IKE rekomendasi (kWh/m <sup>2</sup> )	$\Delta \text{IKE}_r$ (kWh/m <sup>2</sup> )	ECO Energi (kWh)
8	Masjid	17,80	4,07	13,74	3.208,27
9	Wisma Putri	23,12	17,52	5,60	1.887,13
10	Wisma Raflesia	27,50	14,70	12,80	5.775,36
11	Wisma Teratai	31,44	24,97	6,47	828,29
<b>Jumlah</b>					<b>31.126,12</b>

Dari Tabel 5.17 penghematan energi listrik yang dapat dilakukan sebesar 31.126,12 kWh per bulan atau sebesar 36,6% dari pemakaian listrik total untuk gedung. Dengan tarif listrik Rp 915,00 per kWh untuk industri maka biaya yang dapat dihemat perbulannya adalah = 31.126,12 kWh x Rp 915/kWh = Rp 28.480.401,00.

### 5.5. Analisis Konsumsi pada Air

Pada audit air, alat ukur yang digunakan adalah *Ultrasonic flowmeter* yang dipinjamkan oleh perusahaan di Rimau Asset.

Tabel 5.18 Nama pipa dan tujuannya

No.	Nama pipa	Tujuan
1.	Pipa 1	<i>Drilling</i>
2.	Pipa 2	Wisma Edelweiss
3.	Pipa 3	Wisma Kembar
4.	Pipa 4	Wisma Anggrek
5.	Pipa 5	Wisma Bougenvile
6.	Pipa 6	Wisma Teratai
7.	Pipa 7	Wisma Cempaka
8.	Pipa 8	Gedung Serbaguna
9.	Pipa 9	Wisma Raflesia

Dari Tabel 5.18 merupakan data tentang nama pipa dan percabangannya menuju ke wisma dan sebagian *office*. Nama dan arah tujuan dari pipa diperoleh dari informasi yang diberikan dari pihak yang mengelola masalah penyediaan air. Waktu pengisian tangki air dilakukan secara rutin pada jadwal jam yang telah ditentukan, namun jadwal bisa berubah sesuai dengan kebutuhan.



Dari hasil pengukuran pada Lampiran 22 tersebut divalidasi dengan membandingkan hasil pengukuran pipa yang memiliki meteran air. Pipa yang memiliki meteran menuju Wisma Cempaka. Hasil pengukuran pada pipa tersebut merupakan pengukuran representasi satu hari.

Metode dalam pengukuran pipa tersebut yakni dengan cara mencatat angka yang tertera pada meteran kemudian pada esok hari dicatat pada jam yang sama, seperti terlihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil pencatatan pada meteran Wisma Cempaka

No.	Waktu pengukuran	Hasil pencatatan
1	18.04	3.780,3
2	07.23	3.782,8
3	07.46	3.783,7
4	12.03	3.784,7
5	13.00	3.785,8
6	17.30	3.785,8
7	18.00	3.785,8

Dari Tabel 5.19 dapat diketahui hasil debit air bersih yang digunakan yaitu,  $3.785,8 - 3.780,3 = 5,5 \text{ m}^3 = 5.500 \text{ liter}$ . Dengan jumlah penggunaan air penuh selama satu hari, yakni:  $0,01200 \times 3.600 \times 24 \text{ ft}^3 / \text{hari} = 216 \text{ ft}^3 / \text{hari}$ . Sehingga waktu pemakaian air dalam satu hari penggunaan air dapat ditentukan dengan membagi hasil pengukuran dengan hasil pencatatan.

Lama waktu penggunaan :  $\frac{216}{5500} \times 0,0283 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 1000 \text{ l} / \text{m}^3 = 5 \text{ jam}$ .

Tabel 5.20 Estimasi penggunaan air dalam waktu satu hari

No	Nama Gedung	Konsumsi air/hari (liter)
1	Wisma Anggrek	5.943
2	Wisma Bougenvile	8.320
3	Wisma Cempaka	6.113
4	Wisma Edelweis	6.130
5	Gedung Serbaguna	0

Tabel 5.20 Estimasi penggunaan air dalam waktu satu hari  
(lanjutan)

No	Nama Gedung	Konsumsi air/hari (liter)
6	Kantin & Wisma Dahlia	0
7	Wisma Kembar	7.981
8	Masjid	0
9	Wisma Putri	0
10	Wisma Raflesia	13.244
11	Wisma Teratai	16.301

Pada Tabel 5.20 angka nol menunjukkan tidak dilakukan pengukuran pada wisma tersebut. Selain itu, Tabel 5.20 merupakan estimasi penggunaan air dalam waktu satu hari dengan menggunakan alat ukur *Ultrasonic flowmeter*. Hasil tersebut merupakan *fine tuning* dengan data validasi pengukuran pipa untuk wisma yang memiliki meteran air.

Tabel 5.21 Hasil perhitungan penggunaan air tiap gedung

No	Gedung	Jumlah penghuni	Standar penggunaan air/ hari* (liter)	Penggunaan air / hari (liter)
1	Wisma Anggrek	32	120	3.840
2	Wisma Bougenvile	46	120	5.520
3	Wisma Cempaka	32	120	3.840
4	Wisma Edelweiss	48	120	5.760
5	Gedung Serbaguna	50	100	5.000
6	Kantin & Wisma Dahlia	34	120	4.080
7	Wisma Kembar	13	120	1.560
8	Masjid	50	10	500
9	Wisma Putri	32	120	3.840
10	Wisma Raflesia	52	120	6.240
11	Wisma Teratai	16	120	1.920

\*) : Noerbambang, Soufyan M dan Morimura, Takeo, 2000, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, Pradnya Pramita, Jakarta.

Hasil pada Tabel 5.21 di atas merupakan estimasi penggunaan air yang dibutuhkan tiap orang per hari berdasarkan standar yang ditentukan dengan metode jumlah penghuni.

Tabel 5.22 Perbandingan konsumsi air hasil pengukuran dengan standar

No	Ruangan	Konsumsi air per hari (l)		
		Aktual	Standar	Kelebihan
1	Wisma Anggrek	5.943	3.840	2.103
2	Wisma Bougenvile	8.320	5.520	2.800
3	Wisma Cempaka	6.113	3.840	2.273
4	Wisma Edelweiss	6.130	5.760	370
5	Gedung Serbaguna	0	5.000	-
6	Kantin & Wisma Dahlia	0	4.080	-
7	Wisma Kembar	7.981	1.560	6.421
8	Masjid	0	500	-
9	Wisma Putri	0	3.840	-
10	Wisma Raflesia	13.244	6.240	7.004
11	Wisma Teratai	16.301	1.920	14.381

Berdasarkan pada Tabel 5.22, maka dapat disimpulkan secara umum bahwa terdapat kelebihan pada beberapa wisma yaitu Wisma Anggrek, Wisma Bougenvile, Wisma Cempaka, Wisma Edelweiss, Wisma Kembar, Wisma Raflesia, dan Wisma Teratai. Hal ini menunjukkan adanya penggunaan air yang melebihi standar dan adanya peluang penghematan pada air.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1. Kesimpulan

1. Tingkat konsumsi energi pada gedung bagian luar *plant* dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah Wisma Raflesia, Wisma Cempaka, Wisma Bougenvile, Wisma Kembar, Wisma Putri, Gedung Serbaguna, Kantin & Wisma Dahlia, Wisma Anggrek, Wisma Teratai, Masjid, dan Wisma Edelweis. Tingkat konsumsi energi pada tiap wisma beraneka ragam dikarenakan jumlah alat elektronik yang digunakan dan daya listrik yang dikonsumsi dari tiap peralatan listrik.
2. Tingkat konsumsi energi listrik tiap peralatan dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah AC, lampu, alat-alat elektronik, dan *heater* dengan persentase masing-masing 71%, 16%, 8%, dan 5%.
3. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk semua gedung bagian luar *plant* masih di atas dari IKE standar yang direkomendasikan Direktorat Pengembangan Energi. Hal ini menunjukkan adanya peluang penghematan energi yang dapat dilakukan pada tiap-tiap gedung tersebut.
4. Penghematan energi listrik yang dapat dilakukan dibedakan menjadi dua hal utama.
  1. Pengaturan suhu ruangan pada AC dari yang rata-rata sebelumnya di bawah 23°C menjadi 25±1°C sesuai dengan standar kenyamanan ruangan yang dikeluarkan Badan Standar Nasional Indonesia (BSNI) melalui peraturan nomor SNI 03-6390-2000. Alternatif penghematan apabila dilakukan pengaturan suhu 24°C, 25°C, atau 26° C akan menghemat energi listrik masing-masing tiap hari sebesar Rp 123.801,00, Rp 171.354,00, atau Rp 266.460,00.
  2. Penggantian lampu dengan daya yang lebih kecil, namun tingkat pencahayaannya sesuai dengan fungsi ruangnya berdasarkan peraturan nomor SNI 03-6575-2001. Investasi penggantian lampu

sebesar Rp 6.755.000,00 dengan *saving cash flow* sebesar Rp 2.112.772,00 per bulan, sehingga *payback periodnya* adalah 3,2 bulan.

5. Tingkat konsumsi air pada gedung bagian luar *plant* dari yang terbesar hingga terkecil secara berurutan adalah Wisma Teratai, Wisma Raflesia, Wisma Bougenvile, Wisma Kembar, Wisma Edelweis, Wisma Cempaka, dan Wisma Anggrek. Sebagian besar tingkat konsumsi air pada gedung-gedung tersebut masih di atas dari tingkat konsumsi air yang direkomendasikan.

## **6.2. Saran dan Rekomendasi**

1. Untuk peneliti selanjutnya seyogyanya menggunakan data beberapa tahun sebelumnya agar dapat mengetahui nilai energi listrik, dan perlu adanya pengukuran energi listrik secara di lapangan agar hasil yang diperoleh merupakan hasil yang akurat.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada Wisma Bougenvile, Wisma Cempaka, dan Wisma Kembar karena masih terdapat peluang penghematan energi.
3. Penghematan pada AC dapat dilakukan dengan mengatur suhu ruangan dari yang rata-rata sebelumnya di bawah 23°C menjadi  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  sesuai standar kenyamanan ruangan yang dikeluarkan Badan Standar Nasional Indonesia (BSNI) melalui peraturan nomor SNI 03-6390-2000.
4. Rekomendasi penghematan listrik pada lampu dibagi menjadi dua berdasarkan jenis ruangan. Pertama untuk di *mess*, lampu diganti dengan daya listrik yang lebih kecil, namun pencahayaannya masih memenuhi standar pencahayaan untuk kamar tidur. Tipe lampu yang dipasang adalah Philips TBS326 2xTL5- 28Watt dari yang sebelumnya Philips TBS326 2xTL-D 36 Watt. Untuk kegiatan baca tulis yang dilakukan di kamar tidur pada *mess*, dilakukan penambahan *table lamp* lampu Philips FWG261 1xPL-C/4P18W sehingga tingkat pencahayaannya sesuai untuk kegiatan baca tulis.

Kedua untuk di *office*, dilakukan dengan cara mengganti lampu utama dengan daya listrik yang lebih kecil dan menambahkan beberapa lampu agar pencahayaannya sesuai untuk kegiatan baca tulis. Lampu utama yang sebelumnya Philips TBS326 2xTL-D 36 Watt diganti dengan lampu Philips TBS326 2xTL5- 28Watt. Selain itu ditambahkan juga 2 lampu Philips FWG290 1xPL-C/4P18W di atas area meja kerja pada *office*.

5. Langkah - langkah yang dapat dilakukan dalam penghematan pada air adalah sebagai berikut:
  - a. Menutup kran air sebelum meninggalkan kamar mandi
  - b. Memperbaiki selang-selang air, pipa atau kran air yang mengalami kerusakan atau kebocoran air.
  - c. Menutup kran air saat sedang menggunakan alat plambing, seperti sikat gigi dalam keadaan kran masih terbuka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anizar, 2009, *Teknik Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Industri*, Cetakan pertama, Edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Arismunandar, Wiranto dan Saito, Heizo, 1991, *Penyegaran Udara*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- ASHRAE Handbook: *Fundamentals*, 2005, SI edition, ASHRAE Inc.
- Arora, C. P., 2000, *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata McGraw-Hill, New Delhi
- Badan Koordinasi Energi Nasional, 1983, *Buku Pedoman Tentang Cara-Cara Melaksanakan Konservasi Energi dan Pengawasannya*, Jakarta.
- Blank, Leland, dan Tarquin, Anthony, 2002, *Engineering Economy (5<sup>th</sup> ed)*, McGraw-Hill, New York.
- Blocher, Edward J., et al, 2005, *Cost Management A Strategic Emphasis*, McGraw-Hill, New York.
- Cengel, Yunus A dan Boles, Michael A, 2006, *Thermodynamic An Engineering Approach*, McGraw-Hill, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1979, *Pedoman Plambing Indonesia*, Medisa, Jakarta.
- Devroe, Jay L. 2000, *Probability and Statistics for Engineering and The Sciences (6<sup>th</sup> ed)*, Duxbury Press, Pasific Groove.
- Hasan, Syamsuri, Rakhman Maman, dan Maulana, Agus ,2009, *Audit Energi Untuk Pemakaian Air Conditioning (AC) Pada Gedung Perkantoran dan Ruang Kuliah di UPI*, vol.1, UPI, Jakarta.
- Miller, Rex dan Miller Mark, 2007, *Electricity and Electronics for HVAC*, McGraw-Hill, New York.
- Mulyono, *Konservasi Energi*, <http://mulyono.staff.uns.ac.id>. didownload tanggal 21 Juli 2010.
- Noerbambang, Soufyan M dan Morimura, Takeo, 2000, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, Pradnya Pramita, Jakarta.



Pita, Edward G, 1981, *Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach*, Prentice Hall John Wiley & Sons, New York.

Rianto, Agus, 2007, *Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara Di Hotel Santika Premiere Semarang*, vol.1, UNNES, Semarang.

SNI 03-6390-2000, Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.

SNI 03-6575-2001, Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.

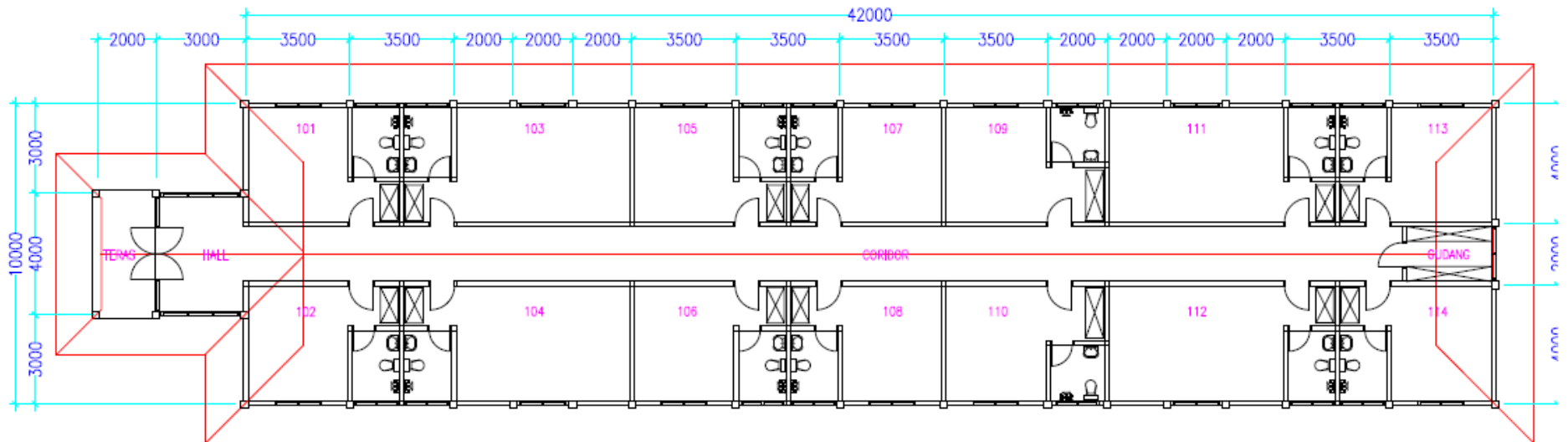
SNI 03-6572-2001, Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.

SNI 03-6196-2000, Badan Standar Nasional (BSN) Indonesia.

United Nations Environment Programme (UNEP), *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia* – [www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org), didownload tanggal 21 Juli 2010.

## Lampiran 1

### Denah Wisma Anggrek

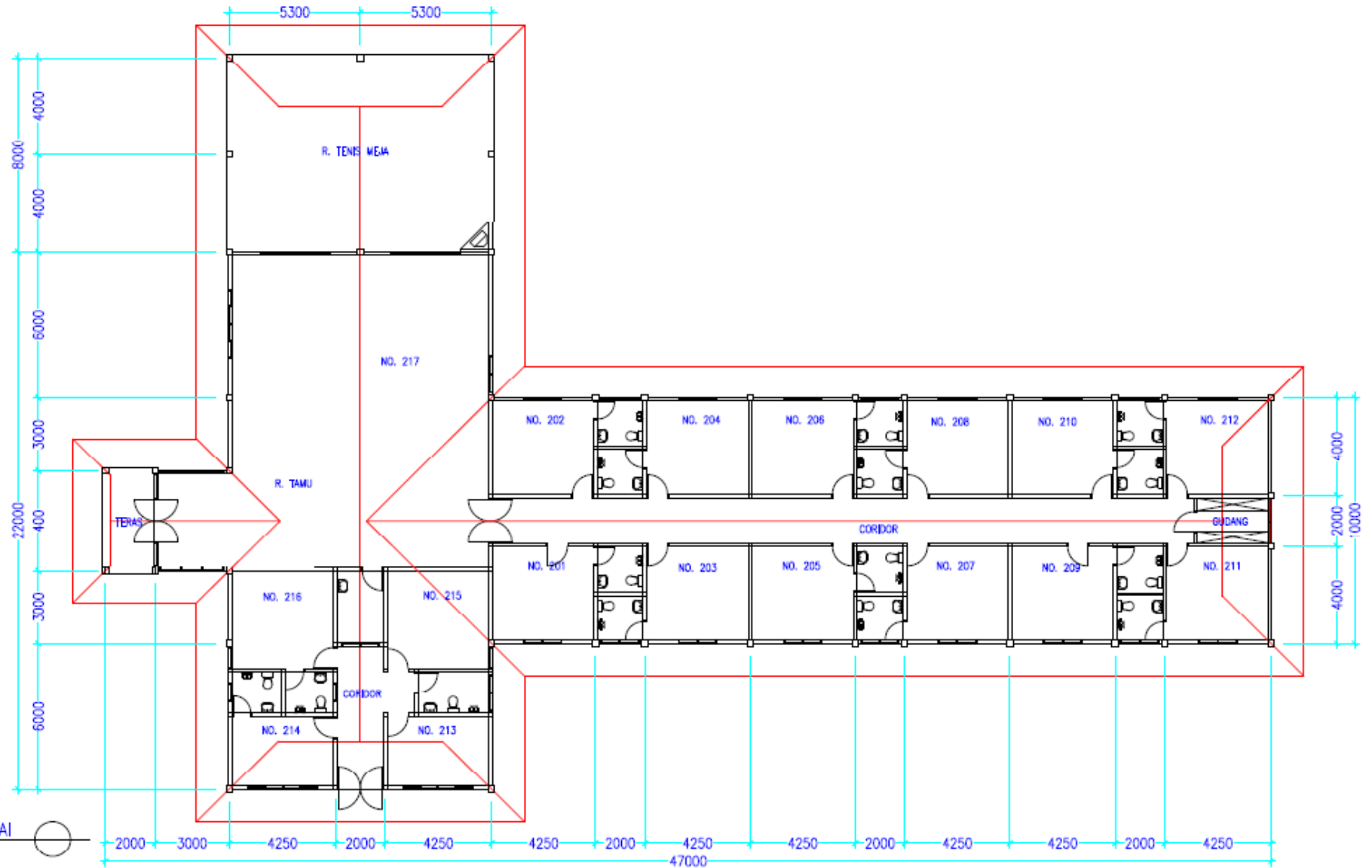


DENAH LANTAI  
SKALA 1:200



## Lampiran 2

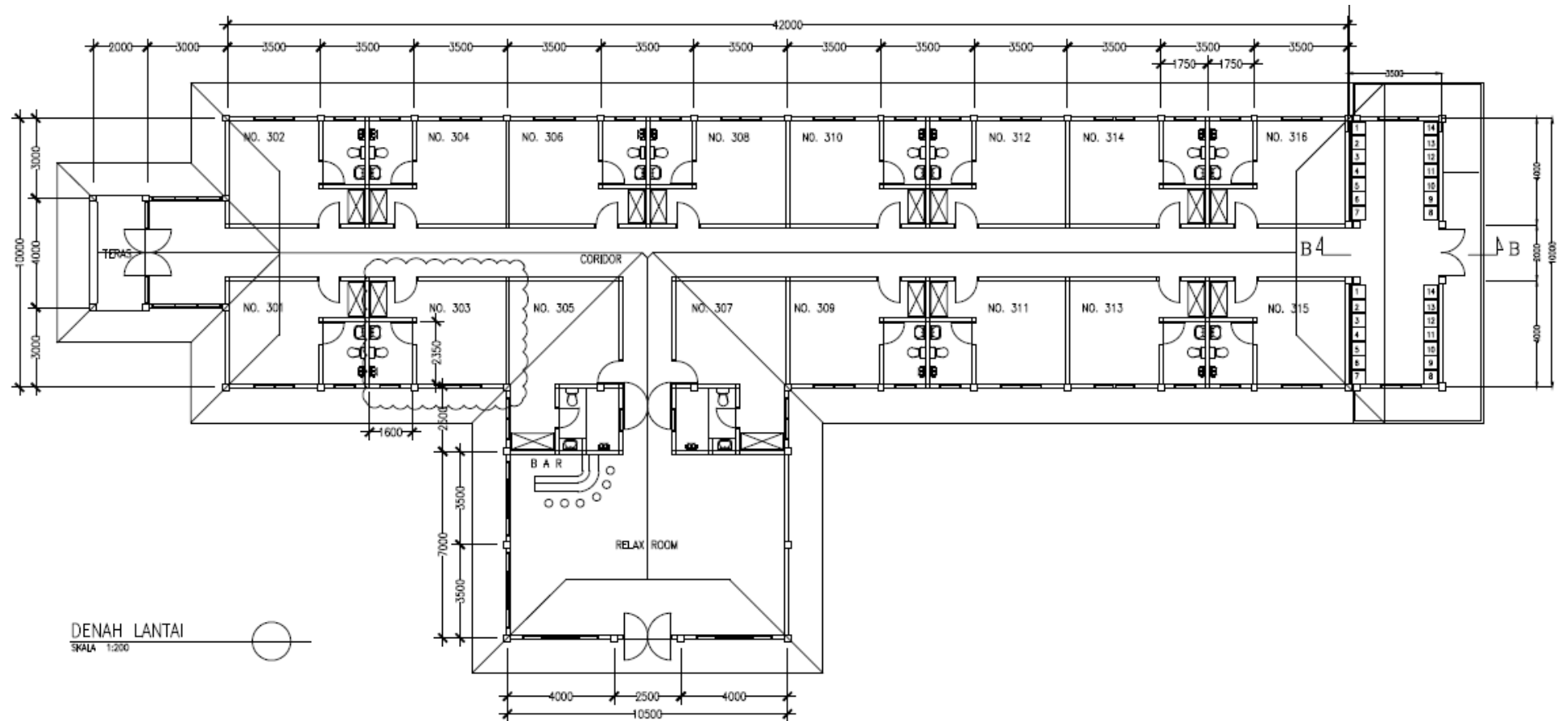
### Denah Wisma Bougenvile



DENAH LANTAI  
SKALA 1:250

### Lampiran 3

### Denah Wisma Cempaka

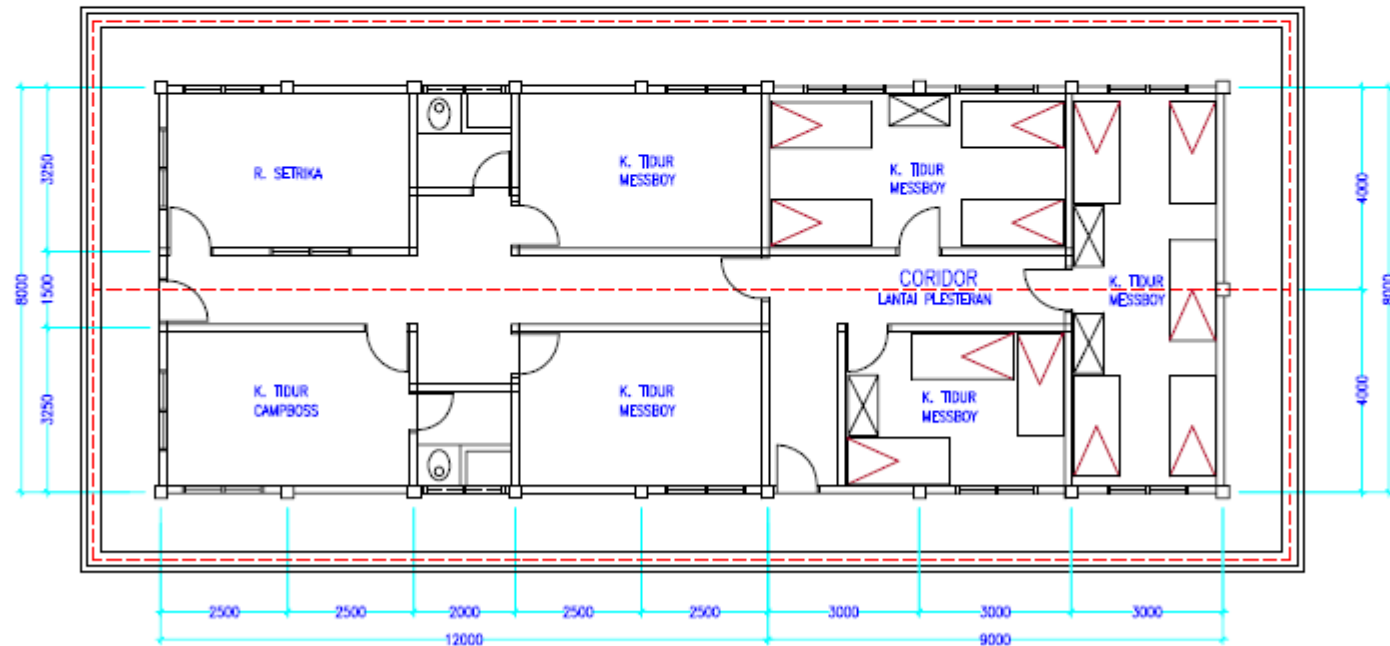


## Lampiran 4

### Denah Wisma Edelweis



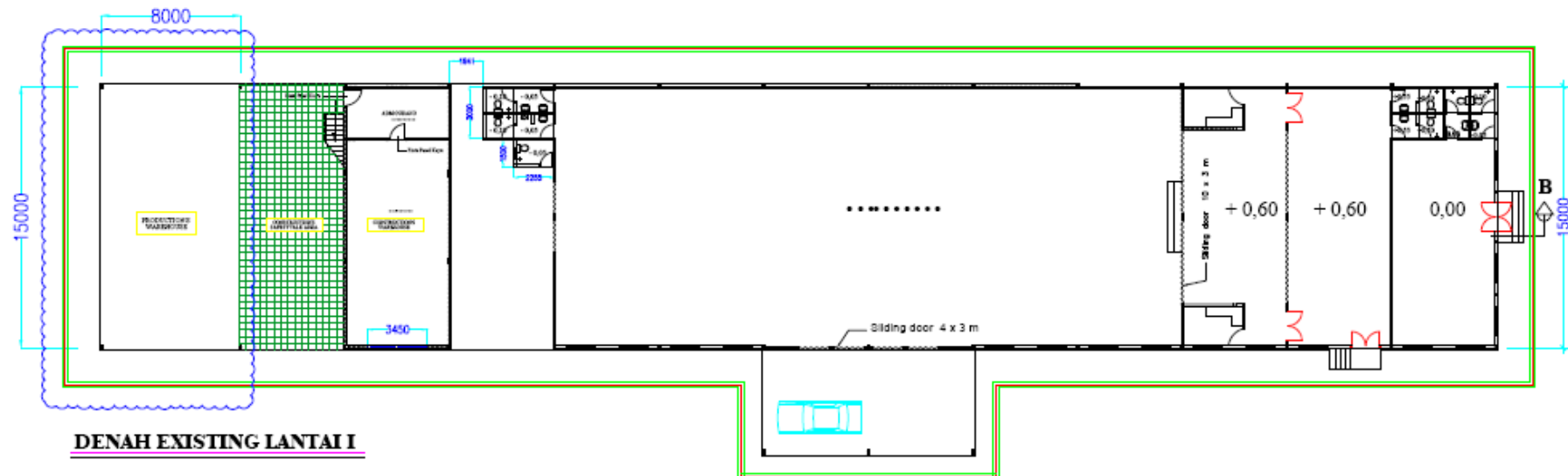
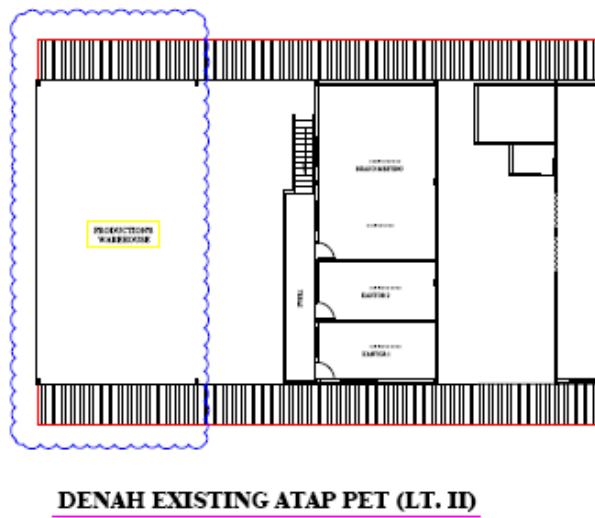
TAMPAK SAMPING  
SKALA 1:125



DENAH LANTAI  
SKALA 1:125

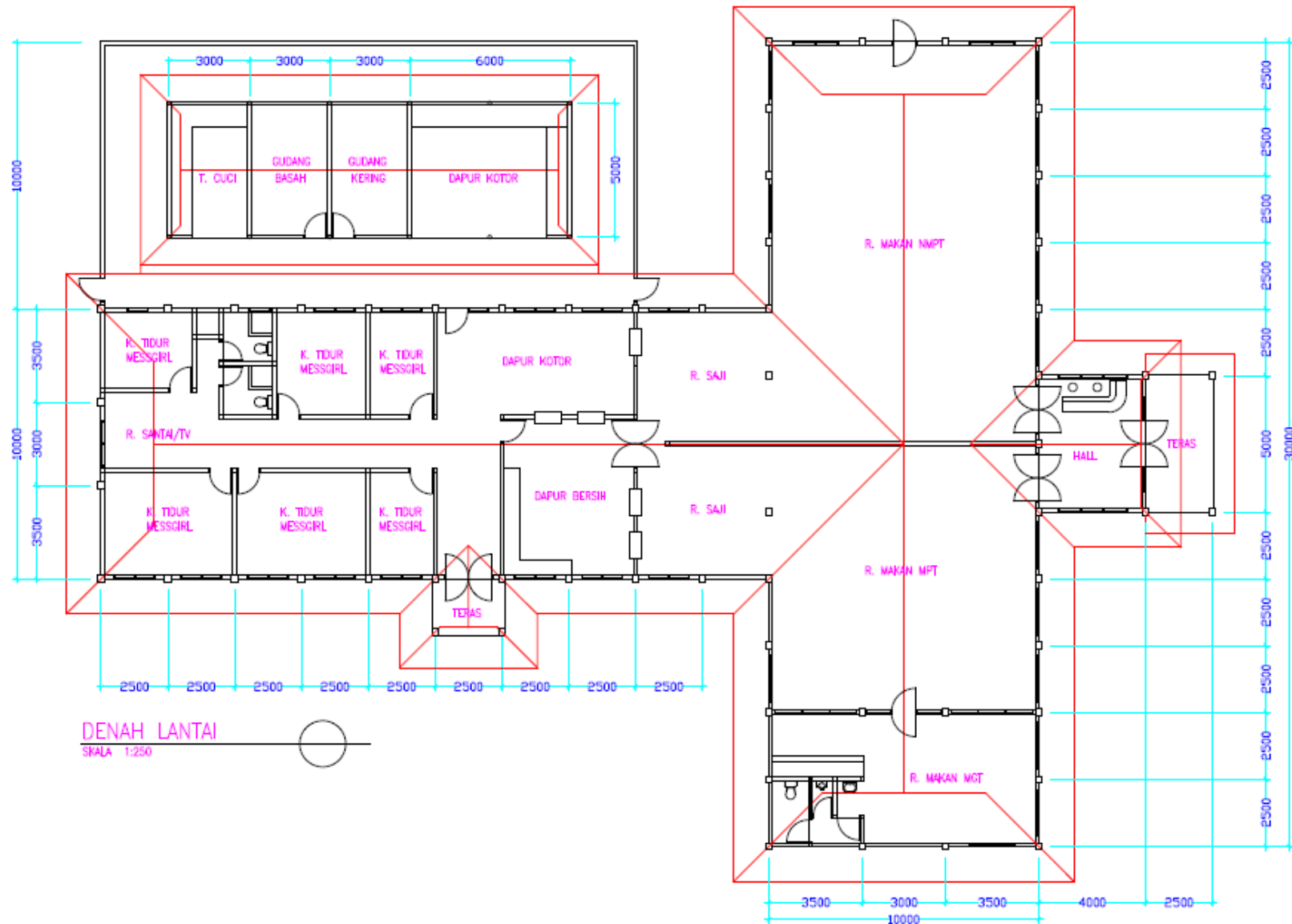
## Lampiran 5

### Denah Gedung Serbaguna

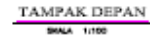


## Lampiran 6

### Denah Kantin & Wisma Dahlia



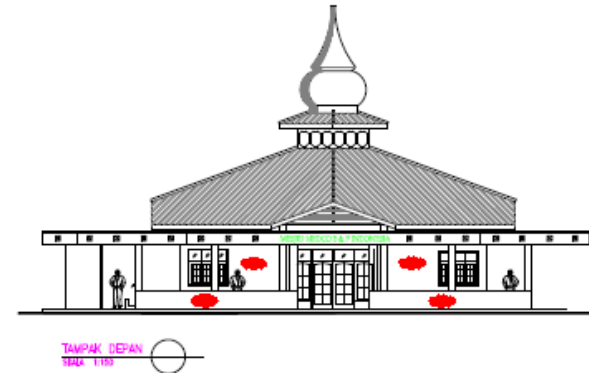
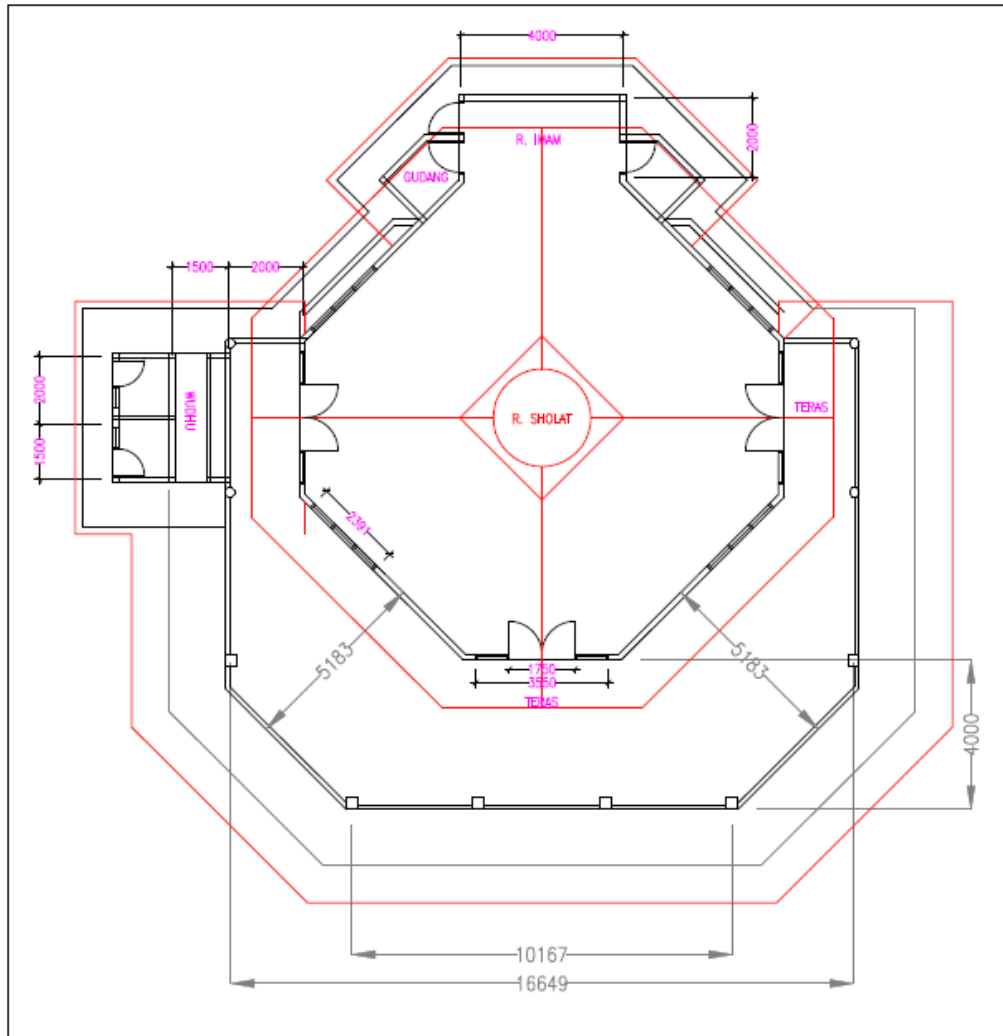
## Lampiran 7



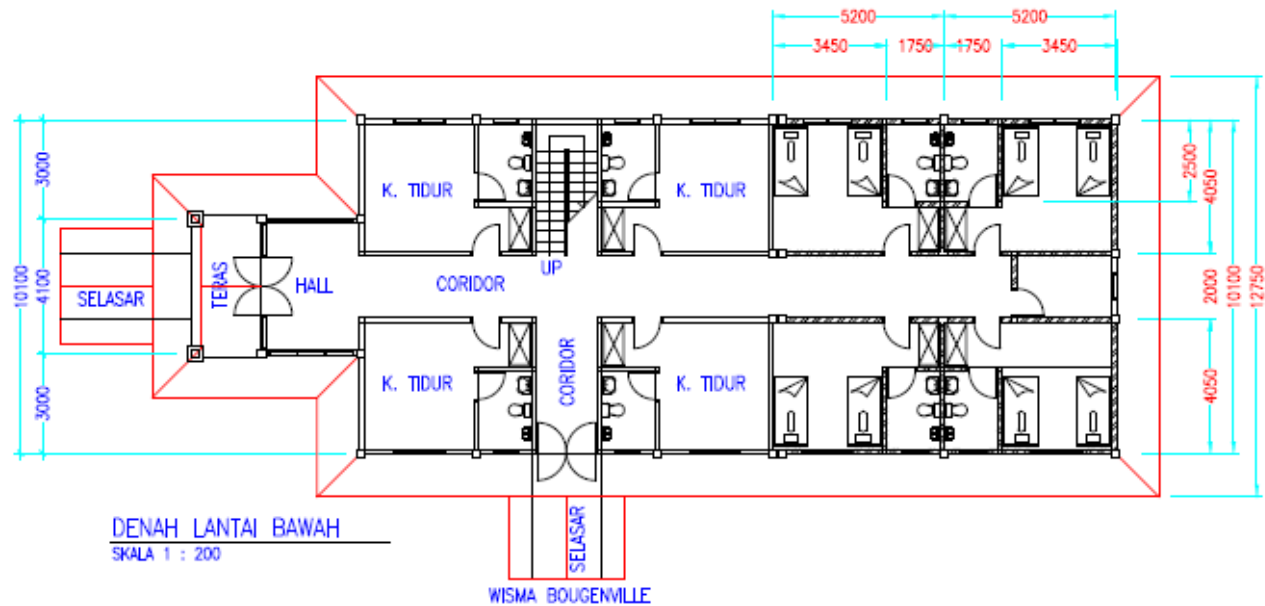
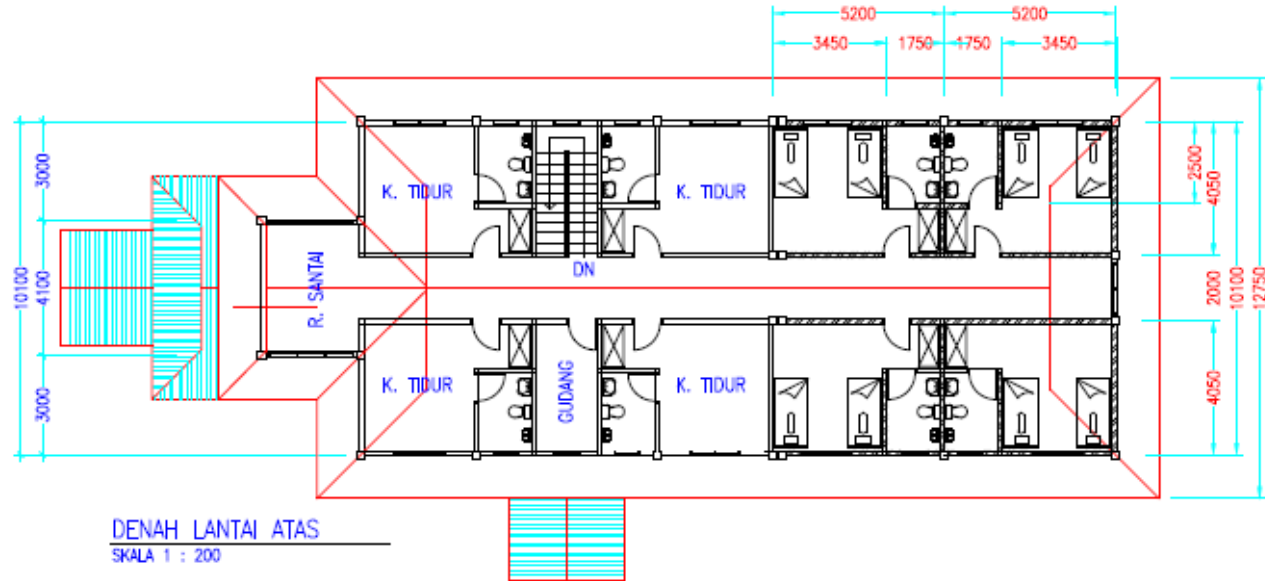


## Lampiran 8

### Denah Masjid

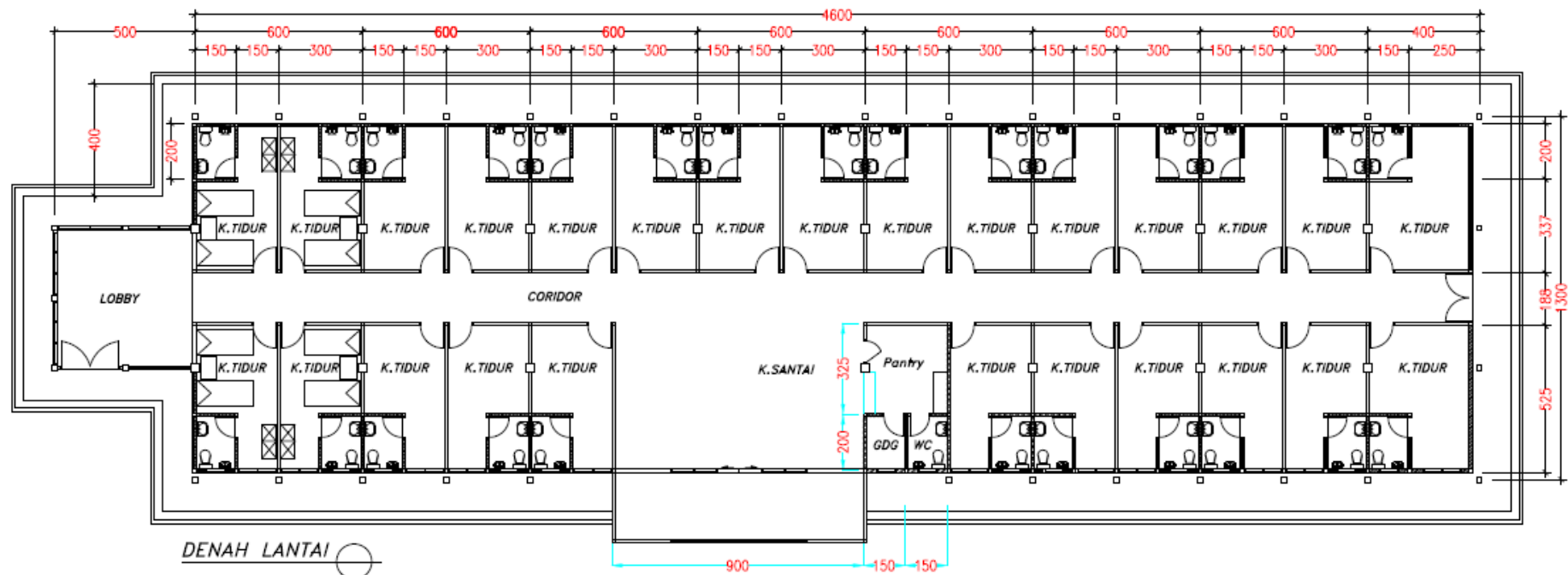


## Lampiran 9 Denah Wisma Putri



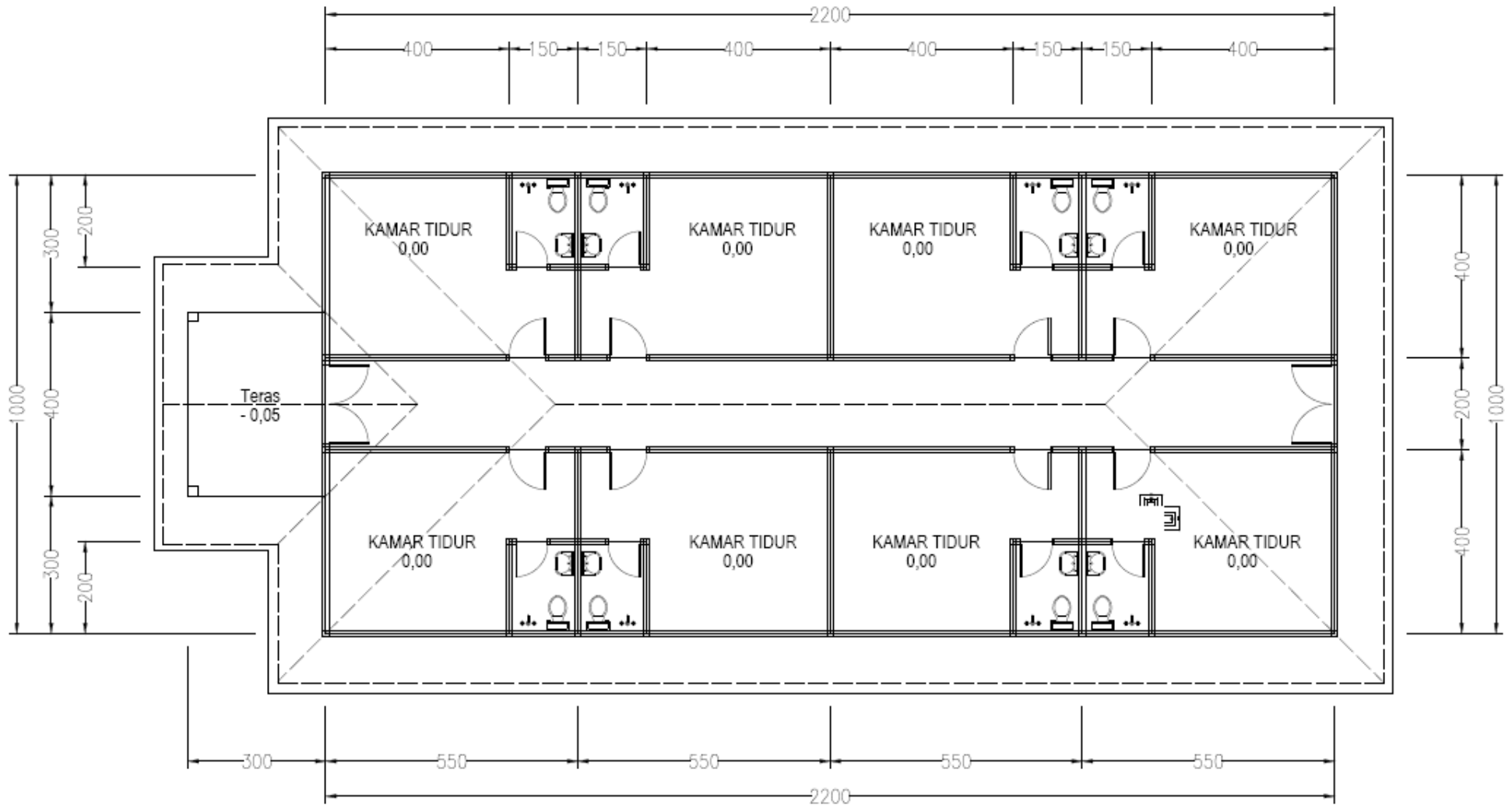
## Lampiran 10

### Denah Wisma Raflesia



## Lampiran 11

### Denah Wisma Teratai

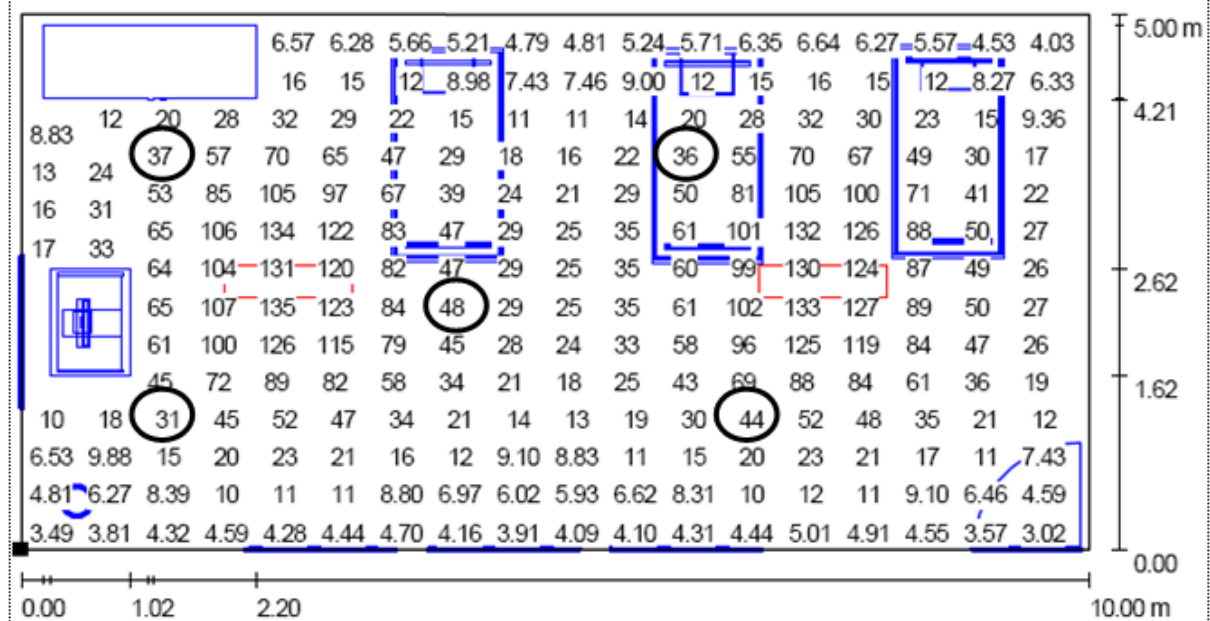


## Lampiran 12

### Titik-Titik Hasil Simulasi

#### Gedung Serbaguna

#### Kamar tidur atas



**Standar Tingkat Pencahayaan Minimum**

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
<b>Rumah Tinggal :</b>			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
<b>Perkantoran :</b>			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
<b>Lembaga Pendidikan :</b>			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
<b>Hotel dan Restoran:</b>			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
<b>Rumah Sakit/Balai pengobatan:</b>			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	
Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
<b>Pertokoan/Ruang pameran :</b>			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus di-enuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
<b>Industri (Umum) :</b>			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~	1	
Pekerjaan amat halus	1000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	
Rumah ibadah.			
Masjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang mem butuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	Idem

## Lampiran 14

### Rekap Penghematan Listrik pada Lampu

No	Nama gedung	Total energi lampu saat ini (kWh)	Total energi lampu rekomendasi (watt)	Penghematan energi (kWh)	Harga listrik per kWh (Rp)	Penghematan listrik (Rp)
1	Mess anggrek	1.396,80	1.236,96	160	Rp 915,00	Rp 146.253,60
2	Mess bougenvile	1.929,60	1.743,84	186	Rp 915,00	Rp 169.970,40
3	Mess cempaka	1.900,80	1.753,20	148	Rp 915,00	Rp 135.054,00
4	Mess edelweis	540,00	323,28	217	Rp 915,00	Rp 198.298,80
5	GSG	1.281,12	933,60	348	Rp 915,00	Rp 317.980,80
6	Kantin & mess dahlia	1.562,40	1.206,72	356	Rp 915,00	Rp 325.447,20
7	Mess kembar	1.180,80	778,32	402	Rp 915,00	Rp 368.269,20
8	Musholla	281,76	194,40	87	Rp 915,00	Rp 79.934,40
9	Mess putri	1.365,12	1.296,00	69	Rp 915,00	Rp 63.244,80
10	Mess raflesia	1.598,40	1.296,00	302	Rp 915,00	Rp 276.696,00
11	Mess teratai	581,76	547,20	35	Rp 915,00	Rp 31.622,40
<b>Total</b>		<b>13.619</b>	<b>11.310</b>	<b>2.309</b>		<b>Rp 2.112.771,60</b>

## Lampiran 15

### Biaya Investasi Lampu

Biaya penggantian lampu:

Jenis biaya	Unit	Harga per unit	Biaya
<b>Fixed capital :</b>			
<b>Purchased Equipment Cost (PEC)</b>			
Lampu Philips TBS326 2xTL5- 28W HFP O	70	Rp34.000,00	Rp2.380.000,00
Lampu Philips FWG261 1xPL-C/4P18W HFP	69	Rp28.000,00	Rp1.932.000,00
Lampu Philips FBS290 1xPL-TT/4P18W HFP	69	Rp18.000,00	Rp1.242.000,00
<b>Purchased-equipment installation</b>			
Pemasangan lampu	2 orang x 7 hari	Rp840.000,00	Rp840.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>Rp6.394.000,00</b>

Biaya pemasangan lampu:

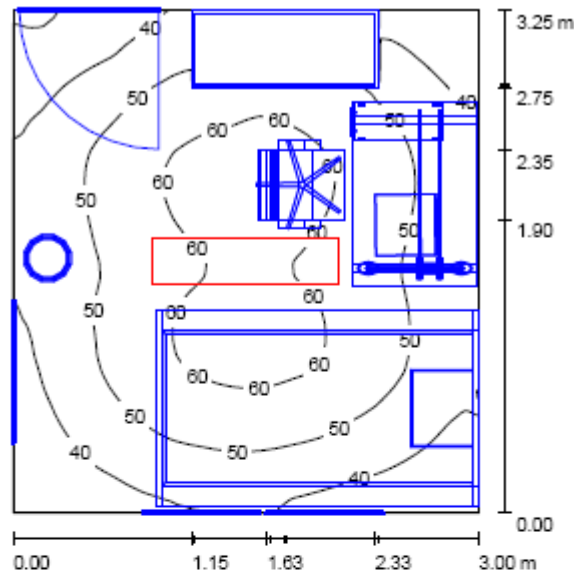
Jenis biaya	Unit	Harga per unit	Biaya
<b>Fixed capital :</b>			
<b>Purchased Equipment Cost (PEC)</b>			
Lampu Philips FBS290 1xPL-TT/4P18W HFP	2	Rp18.000,00	Rp36.000,00
Peralatan instalasi	1	Rp205.000,00	Rp205.000,00
<b>Purchased-equipment installation</b>			
Pemasangan lampu	2 orang x 1 hari	Rp120.000,00	Rp120.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>Rp361.000,00</b>



## Lampiran 16 Perhitungan Cooling Load

COOLING LOAD ESTIMATE SHEET									
$^{\circ}\text{C to }^{\circ}\text{F}$		23,3	30	$\text{Inside }^{\circ}\text{F}$		74	$\text{Outside }^{\circ}\text{F}$		88
FLOOR & ROOF									
	Length	Width	Area sq.ft	U factor	EQV.T. Out	Temp. In	Temp. Diff	Total btu/hr.	
Floor	3,6	3	84,5	0,86	78	74	2	178,66	
Roof	3,6	3	84,5	1,48	82	74	8	1103,78	
WALLS									
	Length	Height	Area sq.ft	U factor	EQV.T. Out	Temp. In	Temp. Diff	Total btu/hr.	
North	3	3	81	0,78	88	74	12	738,72	
East	3,6	3	84,5	0,78		74	0	0	
South	3	3	81	0,78	78	74	2	123,12	
West	3,6	3	84,5	0,78	88	74	12	881,84	
SUB-TOTAL HEAT GAINED								1723,83	
DOOR									
	Length	Width	Area sq.ft	U factor	EQV.T. Out	Temp. In	Temp. Diff	Total btu/hr.	
Door	0,8	1,85	14,04	0,88	78	74	2	18,6328	
Door			0		78	74	2	0	
GLASS									
	Length	Height	Area sq.ft	Solar Gain	Heat Trans	Shading Coefficient	Total btu/hr.		
North			0	76	13	0,38	0		
East			0	212	13	0,38	0		
South	1,3	1,4	18,38	38	13	0,38	324		
West			0	212	13	0,26	0		
SUB-TOTAL HEAT GAINED								324	
LIGHTING									
	Wattage	No. Lamps	Util. Factors	FACTOR			Total btu/hr.		
Incandiscent Lamps	0		3,4	1			0		
Fluorescent lamps	88	12	3,4	1,25			1838		
TOTAL LIGHTING								1838	
OCCUPANTS									
	No. Occup	Quantity of Heat btu/hr.						Total btu/hr.	
Sensible	1	200						200	
Latent	1	260						260	
APPLIANCES									
ELECTRIC APPLIANCES	Wattage	No. App	Utilization Factor	Usage Factor			Total btu/hr.		
1		1	3,4	0,2			0		
2	0	0	3,4	0,2			0		
3	0	0	3,4	0,2			0		
SUB-TOTAL ELECTRIC APP								0	
SUB-TOTAL QUANTITY OF HEAT GAINED								6838	

## Hasil Simulasi Wisma Kembar



Height of Room: 3.380 m, Mounting Height: 3.490 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:42

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u0$
Workplane	/	49	28	64	0.575
Floor	20	38	27	44	0.713
Ceiling	70	9.09	6.71	11	0.738
Walls (4)	50	20	6.88	47	/

### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.397, Ceiling / Working Plane: 0.184.

### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	1	Philips TBS326 2xTL-D36W HFP C5 GT (1.000)	1500	72.0
Total:			1500	72.0

Specific connected load:  $7.38 \text{ W/m}^2 = 14.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $9.75 \text{ m}^2$ )

Total Luminous Flux: 1500 lm  
Total Load: 72.0 W  
Maintenance factor: 0.80  
Boundary Zone: 0.000 m

Surface	Average illuminances [lx]			Reflection factor [%]	Average luminance [cd/m <sup>2</sup> ]
	direct	indirect	total		
Workplane	40	9.72	49	/	/
Floor	28	11	38	20	2.42
Ceiling	0.00	9.09	9.09	70	2.03
Wall 1	7.65	9.14	17	50	2.67
Wall 2	14	8.89	23	50	3.61
Wall 3	8.34	9.51	18	50	2.84
Wall 4	13	8.86	22	50	3.52

Uniformity on the working plane

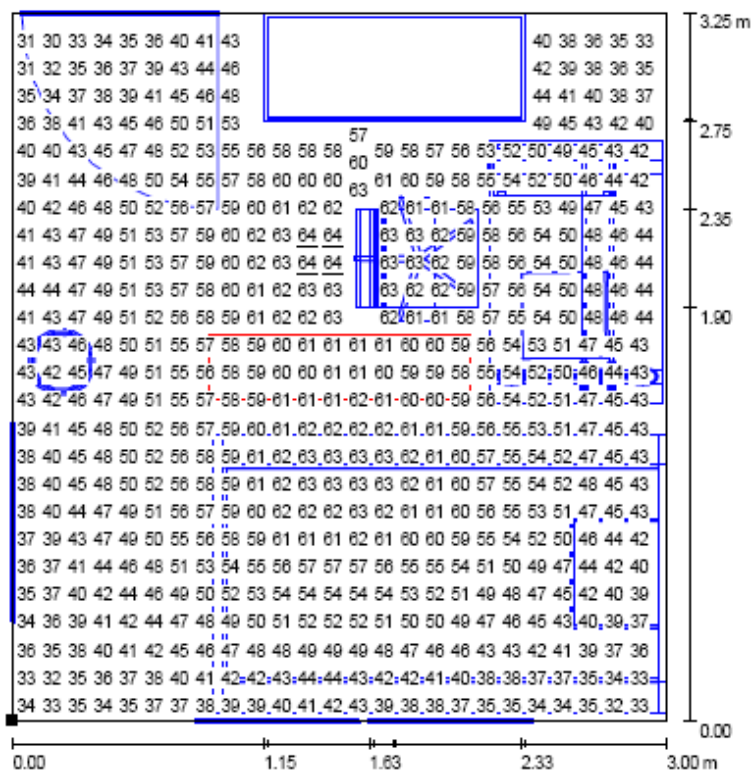
u0: 0.575 (1:2)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.442 (1:2)

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.397, Ceiling / Working Plane: 0.184.

Specific connected load: 7.38 W/m<sup>2</sup> = 14.95 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 9.75 m<sup>2</sup>)

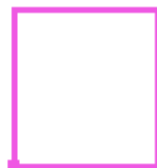
### kamar 1 / Workplane / Value Chart (E)



Values in Lux, Scale 1 : 26

Not all calculated values could be displayed.

Position of surface in room:  
Marked point:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.750 m)



Grid: 128 x 128 Points

E<sub>av</sub> [lx]  
49

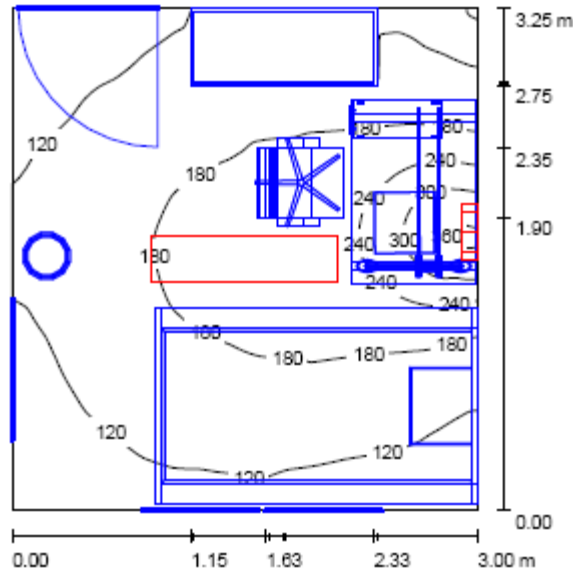
E<sub>min</sub> [lx]  
28

E<sub>max</sub> [lx]  
64

u0  
0.575

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>  
0.442

## Hasil Optimasi Wisma Kembar



Height of Room: 3.380 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:42

Surface	$\rho$ [%]	$E_{av}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$u0$
Workplane	/	160	81	373	0.510
Floor	20	124	75	169	0.603
Ceiling	70	42	32	52	0.752
Walls (4)	50	86	35	3441	/

### Workplane:

Height: 0.750 m  
Grid: 128 x 128 Points  
Boundary Zone: 0.000 m

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.576, Ceiling / Working Plane: 0.265.

### Luminaire Parts List

No.	Pieces	Designation (Correction Factor)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	1	Philips FWG261 1xPL-C/4P18W HFP (1.000)	1200	18.0
2	1	Philips TBS326 2xTL5-28W HFP O (1.000)	5200	56.0
Total:			6400	74.0

Specific connected load:  $7.59 \text{ W/m}^2 = 4.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Ground area:  $9.75 \text{ m}^2$ )

Total Luminous Flux: 6400 lm  
Total Load: 74.0 W  
Maintenance factor: 0.80  
Boundary Zone: 0.000 m

Surface	Average illuminances [lx]			Reflection factor [%]	Average luminance [cd/m <sup>2</sup> ]
	direct	indirect	total		
Workplane	117	43	160	/	/
Floor	82	42	124	20	7.87
Ceiling	0.26	42	42	70	9.43
Wall 1	38	38	76	50	12
Wall 2	62	37	99	50	16
Wall 3	43	40	83	50	13
Wall 4	48	39	87	50	14

Uniformity on the working plane

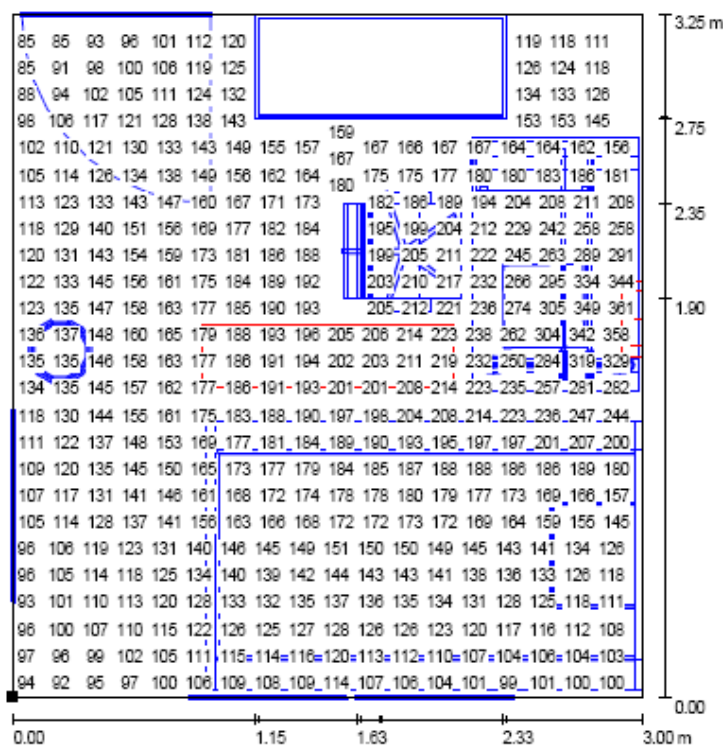
u0: 0.510 (1:2)

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>: 0.218 (1:5)

Illuminance Quotient (according to LG7): Walls / Working Plane: 0.576, Ceiling / Working Plane: 0.265.

Specific connected load: 7.59 W/m<sup>2</sup> = 4.75 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Ground area: 9.75 m<sup>2</sup>)

**kamar 1 / Workplane / Value Chart (E)**



Values in Lux, Scale 1 : 26

Not all calculated values could be displayed.

Position of surface in room:  
Marked point:  
(0.000 m, 0.000 m, 0.750 m)



Grid: 128 x 128 Points

E<sub>av</sub> [lx]  
160

E<sub>min</sub> [lx]  
81

E<sub>max</sub> [lx]  
373

u0  
0.510

E<sub>min</sub> / E<sub>max</sub>  
0.218

## Lampiran 19

### Penggunaan AC Wisma Kembar

No.	Nama ruang	Jumlah AC	Daya (watt)	t (jam)	Energi (wH)	PK	Keterangan
1	1	1	858	12	10.296	1	panasonic
2	2	1	858	12	10.296	1	panasonic
3	3	1	858	12	10.296	1	panasonic
4	4	1	858	12	10.296	1	panasonic
5	5	1	858	12	10.296	1	panasonic
6	6	1	858	12	10.296	1	panasonic
7	7	1	858	12	10.296	1	panasonic
8	8	1	858	12	10.296	1	panasonic
9	9	1	858	12	10.296	1	panasonic
10	10	1	858	12	10.296	1	panasonic
11	11	1	858	12	10.296	1	panasonic
12	12	1	858	12	10.296	1	panasonic
13	mess boy	1	858	12	10.296	1	panasonic
14	dapur	0	0	0	0		
15	serbaguna	1	7771	12	93.252	5	panasonic

Nama ruang	alat	Jumlah	Daya operasi	Daya standby	t (jam)		Energi(wH)
					o	stby	
1	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
2	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
3	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
4	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
5	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
6	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
7	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
8	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
9	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
10	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
11	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
12	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		12		216
mess boy	tv	1	90	6	10	2	912
	exhaust	1	18		6		108
dapur	mesin cuci	1	300		5		1.500
	exhaust	1	18		6		108
serbaguna	printer hp 1200	1	100		6		600
	laserjet	1	105		3		315
	tv samsung 41'	1	100		3		300
	printer ben q	1	75		3		225
	dispenser	1	155		3		465
	microwave sanyo	1	1400		3		4.200
	lemari es toshiba	1	100		3		300
	komputer	1	75		3		225
	hand dryer	1	100		3		300
	rice cooker magicom	1	150		3		450
		Jumlah					23.544

### Lampiran 21

#### Penggunaan Lampu Wisma Kembar

Nama ruang	Alat	Jumlah	Daya (watt)	t (jam)	Energi(wH)
1	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
2	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
3	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
4	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
5	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
6	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
7	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
8	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
9	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
10	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
<i>messboy</i>	lampu tl	4	40	12	1.920
	lampu sl	1	20	12	240
	lampu emergency	1	18	0	0
dapur	lampu tl	2	40	12	960
	lampu sl	3	20	12	720
serbaguna	lampu sl	20	40	12	9.600
	emergency	2	18	0	0
		Jumlah			39.360



## Lampiran 22

### Hasil pengukuran dengan *Ultrasonic Flowmeter*

No	Pipa ke	Pengukuran 1		Pengukuran 2		Pengukuran 3		Debit rata-rata/ detik (ft <sup>3</sup> /s)
		kecepatan (ft/s)	debit (ft <sup>3</sup> /s)	kecepatan (ft/s)	debit (ft <sup>3</sup> /s)	kecepatan (ft/s)	debit (ft <sup>3</sup> /s)	
1	Wisma anggrek	0,55	0,013	0,73	0,017	0,21	0,005	0,01167
2	Wisma bougenvile	1,32	0,03	0,57	0,013	0,24	0,006	0,01633
3	Wisma cempaka	0,89	0,02	0,47	0,011	0,21	0,005	0,01200
4	Wisma edelweis	0,28	0,0001	0,74	0,017	0,79	0,019	0,01203
5	GSG							
6	Kantin & wisma dahlia							
7	Wisma kembar	0,64	0,014	0,74	0,017	0,72	0,016	0,01567
8	Musholla							
9	Wisma putri							
10	Wisma raflesia	0,76	0,018	2,25	0,052	0,33	0,008	0,02600
11	Wisma teratai	2,13	0,05	1,64	0,038	0,33	0,008	0,03200

### Lampiran 23

#### Uji Statistik Hasil Pengukuran dengan *Software*

Nama Gedung	Kamar	Pengukuran				
		1	2	3	4	5
Wisma Anggrek	101	105	102	122	75	54
	103	73	66	230	112	68

Nama Gedung	Kamar	Simulasi				
		1	2	3	4	5
Wisma Anggrek	101	105	101	125	73	56
	103	72	61	219	109	70

#### t-Test: Paired Two Sample for Means

##### Kamar 101

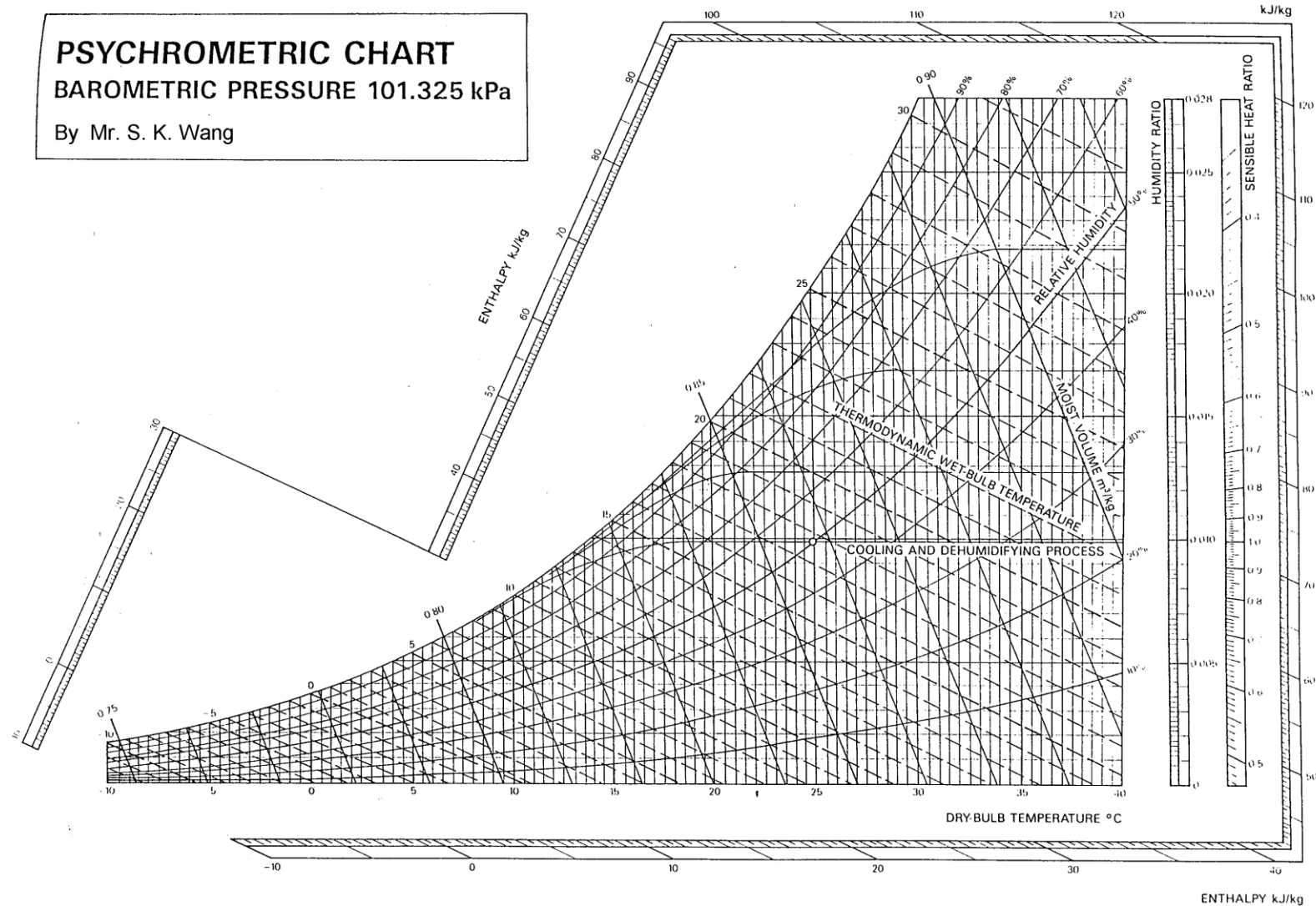
	<i>pengukuran</i>	<i>simulasi</i>
Mean	92	91,6
Variance	749	725,3
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,997212219	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	0,431331093	
P(T<=t) one-tail	0,344228545	
t Critical one-tail	2,131846782	
P(T<=t) two-tail	0,68845709	
t Critical two-tail	2,776445105	

#### t-Test: Paired Two Sample for Means

##### Kamar 103

	<i>pengukuran</i>	<i>simulasi</i>
Mean	109,8	106,2
Variance	4868,2	4313,7
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,999231717	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	1,650057295	
P(T<=t) one-tail	0,087138027	
t Critical one-tail	2,131846782	
P(T<=t) two-tail	0,174276055	
t Critical two-tail	2,776445105	

## Penyesuaian Kelembaban Ruangan



Penurunan RH dengan cara:

1. Suhu ruangan dinaikkan
2. Suhu ruangan tetap, namun  $T_{wb}$  diturunkan dengan *dehumidifier*

## Lampiran 25

### Validasi Pengukuran dengan Simulasi Pencahayaan

No	Nama gedung	Kamar	Hasil ke-n					Metode	Mean	% Error
			1	2	3	4	5			
1	Mess anggrek	101	105	102	122	75	54	Pengukuran	91,6	0,44%
			105	101	125	73	56	Simulasi	92	
		103	73	66	230	112	68	Pengukuran	109,8	3,28%
			72	61	219	109	70	Simulasi	106,2	
2	Mess bougenvile	208	70	68	255	118	100	Pengukuran	122,2	0,98%
			76	65	256	117	103	Simulasi	123,4	
		214	106	110	111	100	102	Pengukuran	105,8	0,76%
			106	110	115	103	99	Simulasi	106,6	
3	Mess cempaka	301	82	82	247	88	70	Pengukuran	113,8	1,05%
			88	83	242	91	71	Simulasi	115	
		305	65	39	148	69	31	Pengukuran	70,4	0,28%
			67	45	144	71	26	Simulasi	70,6	
4	Mess edelweis	mess boy	28	23	32	13	29	Pengukuran	25	1,60%
			27	23	33	12	28	Simulasi	24,6	
5	GSG	r. utama	118	172	270	118	152	Pengukuran	166	3,61%
			115	171	240	119	155	Simulasi	160	
		r.admin	103	97	325	96	92	Pengukuran	142,6	1,68%
			117	99	322	95	92	Simulasi	145	
		r. tidur	37	28	45	38	38	Pengukuran	37,2	5,38%
			37	31	48	36	44	Simulasi	39,2	

6	Kantin & mess dahlia	r. nmpt	120	150	250	90	90	Pengukuran	140	5,71%
			113	156	250	109	112	Simulasi	148	
		r. mpt	78	89	189	84	80	Pengukuran	104	0,00%
			74	90	188	87	81	Simulasi	104	
		r. tidur	16	17	28	29	21	Pengukuran	22,2	0,90%
			16	17	29	27	23	Simulasi	22,4	
7	Mess kembar	r.tidur	43	31	56	51	28	Pengukuran	41,8	2,87%
			43	32	56	52	32	Simulasi	43	
8	Musholla	r. sholat	90	70	120	110	80	Pengukuran	94	1,06%
			94	78	123	110	70	Simulasi	95	
9	Mess putri	r.1	185	160	388	187	182	Pengukuran	220,4	0,36%
			185	159	389	189	184	Simulasi	221,2	
10	Mess raflesia	r.1	64	59	113	90	71	Pengukuran	79,4	0,00%
			65	52	114	92	74	Simulasi	79,4	
11	Mess teratai	r.5	100	92	162	150	110	Pengukuran	122,8	1,47%
			99	90	178	150	106	Simulasi	124,6	

### Hasil Uji Statistik

No	Metode	Mess Anggrek		Mess Bougenvile		Mess Cempaka		Mess Edelweis	GSG			Kantin & mess dahlia		
		101	103	208	214	301	305	mess boy	r. utama	r.admin	r. tidur	r. nmpt	r. mpt	r. tidur
1	Pengukuran	105	73	70	106	82	65	28	118	103	37	120	78	16
		102	66	68	110	82	39	23	172	97	28	150	89	17
		122	230	255	111	247	148	32	270	325	45	250	189	28
		75	112	118	100	88	69	13	118	96	38	90	84	29
		54	68	100	102	70	31	29	152	92	38	90	80	21
2	Simulasi	105	72	76	106	88	67	27	115	117	37	113	74	16
		101	61	65	110	83	45	23	171	99	31	156	90	17
		125	219	256	115	242	144	33	240	322	48	250	188	29
		73	109	117	103	91	71	12	119	95	36	109	87	27
		56	70	103	99	71	26	28	155	92	44	112	81	23

No	Metode	Mess Kembar	Musholla	Mess Putri	Mess Raflesia	Mess Teratai
		r.tidur	r. sholat	r.1	r.1	r.5
1	Pengukuran	43	90	185	64	100
		31	70	160	59	92
		56	120	388	113	162
		51	110	187	90	150
		28	80	182	71	110
2	Simulasi	43	94	185	65	99
		32	78	159	52	90
		56	123	389	114	178
		52	110	189	92	150
		32	70	184	74	106

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Sample	17,42222	1	17,42222	0,006302	0,936837	3,906849
Columns	440330	17	25901,76	9,369204	4,19E-16	1,694149
Interaction	314,9778	17	18,5281	0,006702	1	1,694149
Within	398097,2	144	2764,564			
Total	838759,6	179				