# ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA SISTEM PENCAHAYAAN DAN *AIR CONDITIONING* (AC) DI GEDUNG PERPUSTAKAAN UMUM DAN ARSIP DAERAH KOTA MALANG

## SKRIPSI

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik


Disusun oleh:

**YOGA PRASETYA**
**NIM. 115060309111006**


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**
**FAKULTAS TEKNIK**
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**
**MALANG**
**2014**

## LEMBAR PERSETUJUAN

# ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA SISTEM PENCAHAYAAN DAN *AIR CONDITIONING* (AC) DI GEDUNG PERPUSTAKAAN UMUM DAN ARSIP DAERAH KOTA MALANG

**SKRIPSI**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**YOGA PRASETYA**

**NIM. 115060309111006**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh**

| **Dosen Pembimbing I** | **Dosen Pembimbing II** |
|---|---|
| **Drs. Ir. Moch. Dhofir , MT.** | **Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D.** |
| **NIP. 19600701 199002 1 001** | **NIP. 19730520 200801 1 013** |

## LEMBAR PENGESAHAN

# ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA SISTEM PENCAHAYAAN DAN *AIR CONDITIONING* (AC) DI GEDUNG PERPUSTAKAAN UMUM DAN ARSIP DAERAH KOTA MALANG

Disusun oleh:

**YOGA PRASETYA**

**NIM. 115060309111006**

**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus**

**pada tanggal 20 Mei 2014**

**Majelis Penguji :**

| | |
|---|---|
| **Ir. Mahfudz Shidiq, MT.** | **Ir. Soeprapto, MT.** |
| **NIP. 19580609 198703 1 003** | **NIP. 19561020 198903 1 001** |

**Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc**
**NIP. 19680122 199512 2 001**

**Mengetahui :**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D**
**NIP. 19741203 200012 1 001**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan anugrah, perlindungan, rahmat, kasih sayang-Nya, sehingga penelitian dengan judul "Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Sistem Pencahayaan dan *Air Conditioning* (AC) di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang." dapat diselesaikan dengan baik untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Menyadari bahwa penyusunan penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak M.Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya
2. Bapak Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
3. Bapak Mochammad Rif'an S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Energi Elektrik Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Bapak Drs. Ir. Moch. Dhofir, MT. selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, saran dan masukan yang telah diberikan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun
6. Bapak Ir. Wijono, MT., PhD. selaku dosen pembimbing akademik
7. Ibu Dra. Penny Indriani, MM selaku kepala kantor Perpustakaan dan Arsip Daerah Kota Malang, Bapak Ikhsan selaku pembimbing penelitian dan atas bantuan data-data skripsi, serta pegawai

8. Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang yang membantu selama penelitian.
9. Teman-teman paket A *Power* atas segala bantuan dukungan selama kuliah dan selama penyelesaian skripsi ini.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Menyadari bahwa penelitian ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dan semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Mei 2014

Penulis

## DAFTAR ISI


**Halaman**

**HALAMAN JUDUL** ..... **i**
**LEMBAR PERSETUJUAN** ..... **ii**
**LEMBAR PENGESAHAN** ..... **iii**
**KATA PENGANTAR** ..... **iv**
**DAFTAR ISI** ..... **vi**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **ix**
**DAFTAR TABEL** ..... **x**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **xi**
**ABSTRAK** ..... **xii**
**RINGKASAN** ..... **xiii**

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang ..... 1
1.2. Rumusan Masalah ..... 2
1.3. Batasan Masalah ..... 3
1.4. Tujuan Penelitian ..... 3
1.5. Sistematika Penulisan ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Konservasi Energi ..... 4
2.2. Manajemen Energi ..... 5
2.3. Klasifikasi Daya listrik ..... 7
2.4. Klasifikasi Beban ..... 8
2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) ..... 9
2.6. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE) ..... 10
2.7. Rekomendasi PHE ..... 11
2.8. Air Conditioning (AC) ..... 12
2.9. Sistem Pencahayaan ..... 14
2.10. Tingkat Pencahayaan ..... 18

2.11. Metode Penentuan dan Pengukuran Titik-titik Ukur Tingkat Pencahayaan ..... 22

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Studi Literatur ..... 25
3.2. Jenis Data ..... 25
3.3. Survei Lapangan dan Pengambilan Data ..... 25
3.4. Metode Analisis dan Perhitungan ..... 26

**BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN**

4.1. Profil Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang ..... 28
4.2. Sistem Kelistrikan di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang ..... 31
4.3. Konservasi Penggunaan Energi Listrik ..... 33
4.3.1 Data dan Perhitungan ..... 34
4.3.2 Menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) ..... 36
4.3.3 Konsumsi Energi Listrik Sistem Penerangan ..... 37
4.3.4 Konsumsi Energi Listrik Sistem Pendingin Udara (AC) ..... 40
4.3.5 Konsumsi Energi Listrik Beban Lain – Lain ..... 43
4.4. Analisis Intensitas Pencahayaan ..... 45
4.5. Pemenuhan Standar Pencahayaan ..... 48
4.6. Perhitungan Penghematan ..... 56
4.6.1 Penghematan Sistem Pencahayaan ..... 56
4.6.2 Penghematan Pada Sistem Pendingin Udara (AC) ..... 59
4.6.3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) setelah penghematan ..... 67

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan ..... 68
5.2. Saran ..... 69

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

**Halaman**


**Gambar 2.1.** Sistem Pendingin Udara (AC) ..... 13

**Gambar 2.2.** Perbandingan Kurva Temperatur Terhadap Waktu Untuk AC Inverter dan AC Konvensional..... 14

**Gambar 2.3.** Struktur Lampu LED ..... 17

**Gambar 2.4.** Denah Titik Pengukuran..... 23

**Gambar 3.1.** Alur pengerjaan skripsi ..... 24

**Gambar 4.1.** Profil Bangunan Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang ..... 28

**Gambar 4.2.** Grafik Pemakaian Energi Listrik Lantai 1 dan 2 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang Tahun 2013..... 33

**Gambar 4.3.** KWh meter Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang..... 34

**Gambar 4.4.** Gambar 4.7. Prosentase perbandingan luas bangunan ber AC dan non AC. ..... 36

**Gambar 4.5.** Contoh Pemborosan pada Penerangan di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang..... 38

**Gambar 4.6.** Contoh Pemborosan Penggunaan AC di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang..... 41

**Gambar 4.7.** Diagram Prosentase Pemakaian Energi Listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang..... 44

## DAFTAR TABEL

**Halaman**


**Tabel 2.1.** Perbandingan effisiensi dan umur beberapa jenis lampu ..... 18

**Tabel 2.2.** Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan ..... 19

**Tabel 2.3.** Daya Listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan..... 20

**Tabel 2.4.** Pengelompokan Renderasi Warna ..... 22

**Tabel 4.1.** Komposisi Total Luas Bangunan Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang..... 30

**Tabel 4.2.** Data Konsumsi Energi Listrik Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang Tahun 2013. ..... 32

**Tabel 4.3.** Pengukuran kWh Meter Pada Bulan Januari 2013 Selama Satu Minggu..... 35

**Tabel 4.4.** Lampu yang digunakan di Lantai 1 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. ..... 39

**Tabel 4.5.** Lampu yang digunakan di Lantai 2 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. ..... 40

**Tabel 4.6.** Penggunaan Energy Listrik Beban AC..... 42

**Tabel 4.7.** Penggunaan Energi Listrik Beban Lain – Lain. ..... 43

**Tabel 4.8.** Data Pengukuran Intensitas Pencahayaan Lantai 1. ..... 46

**Tabel 4.9.** Data Pengukuran Intensitas Pencahayaan Lantai 2 ..... 46

**Tabel 4.10.** Perbandingan Hasil Pengukuran Ruangan Lantai 1 dengan Standar SNI 03-6575-2001 ..... 47

**Tabel 4.11.** Perbandingan Hasil Pengukuran Ruangan Lantai 2 dengan Standar SNI 03-6575-2001 ..... 48

**Tabel 4.12.** Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai1... 51

**Tabel 4.13.** Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai2... 52

**Tabel 4.14.** Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai3... 53

**Tabel 4.15.** Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 1..... 54

**Tabel 4.16.** Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 2..... 55

**Tabel 4.17.** Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 3..... 55

**Tabel 4.18.** Total Konsumsi Energi Listrik Penerangan Per Hari Setelah Dilakukan Penghematan dan Pemenuhan Standar SNI Untuk Lantai ..... 56
**Tabel 4.19.** Total Konsumsi Energi Listrik Penerangan per Hari Setelah Dilakukan Penghematan dan Pemenuhan Standar SNI Untuk Lantai 1 ..... 57
**Tabel 4.20.** Perbandingan Konsumsi Energi Listrik Penerangan Sebelum dan Setelah Dilakukan Penghematan ..... 58
**Tabel 4.21.** Biaya Operasional dan Penghematan Penerangan Per Tahun ... 58
**Tabel 4.22.** Total Biaya Penggantian Lampu LED..... 59
**Tabel 4.23.** Hasil Pengukuran Temperatur AC ..... 60
**Tabel 4.24.** Perbandingan Arus AC Terhadap Suhu Yang Digunakan..... 61
**Tabel 4.25.** Total Konsumsi Energi Beban AC Menggunakan Suhu 16°C – 18°C. ..... 62
**Tabel 4.26.** Total Konsumsi Energi Beban AC Menggunakan Suhu 24°C – 27°C ..... 63
**Tabel 4.27.** Total Konsumsi Energi Beban AC Setelah Dilakukan Penghematan dan Penggantian AC Teknologi Inverter. ..... 65
**Tabel 4.28.** Biaya Operasional dan Penghematan Per Tahun ..... 66
**Tabel 4.29.** Total Biaya Penggantian AC..... 66

## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Spesifikasi Ruangan

**Lampiran 2.** Data Pengukuran Panel Beban Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang Hari Minggu Tanggal 19 Januari 2014 dan Hari Senin Tanggal 20 Januari 2014

**Lampiran 3.** Katalog AC

**Lampiran 4.** Katalog Lampu

**Lampiran 5.** Koefisien Depresiasi dan Koefisien Penggunaan Berbagai Jenis Lampu

**Lampiran 6.** Data Layout dan Instalasi Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang

## ABSTRAK

**Yoga Prasetya**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2014, ***Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Pencahayaan Dan Air Conditioning (AC) Di Gedung Perpustakaan Umum Dan Arsip Daerah Kota Malang***, Dosen Pembimbing : Drs. Ir. Moch. Dhofir, MT dan Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D

Penggunaan energi listrik di lingkungan Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Saat ini pemakaian AC sudah semakin banyak digunakan hampir di setiap ruangan. Dengan pola pemakaian beban AC maupun lampu yang rata-rata 12 jam dalam sehari, maka peran serta sumber daya manusia juga sangat penting dalam melakukan pengelolaan energi listrik dengan membiasakan perilaku budaya hemat energi dengan cara mematikan AC dan lampu penerangan setelah selesai digunakan. Sebagai upaya nyata penghematan energi salah satunya dengan peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai IKE gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 4,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori sangat boros dan untuk lantai menggunakan AC yaitu 12,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori cukup efisien. Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan maka potensi penghematan energi listrik dari tindakan konservasi energi yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan lampu LED *tube* 18 watt dan LED *bulb* 9 watt dan pemenuhan standar SNI 03-6575-2001, didapatkan hasil penghematan untuk sistem penerangan sebesar Rp.6.788.324,00 per tahun atau 31,69 % per tahun. Penghematan dengan meminimalkan kerja AC dengan suhu sesuai standar penggantian AC konvensional yang usianya lebih dari 5 tahun diganti dengan AC teknologi inverter dan didapatkan penghematan sebesar Rp.51.665.733,00 per tahun atau sebesar 64,46% per tahun.



*Kata Kunci – Intensitas Konsumsi Energi, Sistem Penerangan, Air Cinditioning (AC), lampu LED, AC inverter.*

# RINGKASAN

Penggunaan energi listrik di lingkungan Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Saat ini pemakaian AC sudah semakin banyak digunakan hampir di setiap ruangan. Dengan pola pemakaian beban AC maupun lampu yang rata-rata 12 jam dalam sehari, maka peran serta sumber daya manusia juga sangat penting dalam melakukan pengelolaan energi listrik dengan membiasakan perilaku budaya hemat energi dengan cara mematikan AC dan lampu penerangan setelah selesai digunakan. Sebagai upaya nyata penghematan energi salah satunya dengan peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi.

Penelitian ini berisi tentang analisis peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik pada system penerangan dan system pendingin udara (AC). Dari hasil perhitungan didapat nilai IKE gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 4,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori sangat boros dan untuk lantai menggunakan AC yaitu 12,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori cukup efisien. Konsumsi energi listrik terbesar adalah pada beban pendingin udara (AC) dengan prosentase 64% atau sebesar 234,71 kWh/hari kemudian beban lain-lain 19% atau sebesar 70,14 kWh/hari dan system penerangan 17% atau sebesar 62,13 kWh/hari.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisistersebut maka potensi penghematan energi listrik yang dapat dilakukan dari tindakan konservasi energi yaitu dengan penggunaan lampu LED *tube* 18 watt dan LED *bulb* 9 watt dan pemenuhan standar SNI 03-6575-2001, didapatkan hasil penghematan untuk sistem penerangan sebesar Rp 6.788.324,00 per tahun atau 31,69 % per tahun. Penghematan dengan meminimalkan kerja AC dengan suhu sesuai standar penggantian AC konvensional yang usianya lebih dari 5 tahun diganti dengan AC teknologi inverter dan didapatkan penghematan sebesar Rp.51.665.733,00 per tahun atau sebesar 64,46% per tahun

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1. LATAR BELAKANG

Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang merupakan salah satu gedung milik pemerintah Kota Malang yang terletak di Jalan Ijen 30A Kota Malang. Gedung tersebut berdiri diatas lahan dengan luas sekitar 612 $m^2$ dan luas bangunan sekitar 434 $m^2$ dan terdiri dari tiga (3) lantai. Untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik, gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang disuplai dari jaringan milik PLN sebagai suplai utama dan genset sebagai suplai cadangannya, dimana gedung tersebut memiliki tiga (3) buah KWh meter yang terdiri dari : KWh meter untuk penerangan dan beban lan – lain lantai 1 dan 2, KWh meter untuk *Air Conditioning* (AC) lantai 1 dan 2, dan KWh meter untuk beban lantai 3.

Penggunaan energi listrik di gedung perpustakaan sangatlah penting. Hal ini dapat dilihat bahwa beban-beban listrik seperti lampu, *Air Conditioning* (AC), komputer, printer, dan mesin foto kopi merupakan beban-beban listrik yang dominan digunakan. Penggunaan energi listrik tersebut menunjukkan adanya peningkatan dari tahun ke tahun. Saat ini pemakaian AC juga sudah semakin banyak digunakan hampir di setiap ruang di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. Dengan pola pemakaian beban AC maupun lampu yang rata-rata 12 jam dalam sehari, maka peran serta sumber daya manusia juga sangat penting dalam melakukan pengelolaan energi listrik dengan membiasakan perilaku budaya hemat energi dengan cara mematikan AC dan lampu penerangan setelah selesai digunakan.

Sebagai upaya nyata penghematan energi salah satunya dengan peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi. Dalam proses ini meliputi adanya evaluasi pemakaian energi listrik dan mengitung tingkat konsumsi energi suatu gedung atau bangunan, yang mana hasilnya nanti akan dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk kemudian dicari solusi penghematan konsumsi energi yang mungkin dilakukan.

Dari dasar pemikiran di atas, maka penulis dalam melakukan penelitian ini mengambil judul "Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Pada Sistem Pencahayaan dan *Air Conditioning* (AC) di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang", dengan harapan dari penelitian ini dapat diketahui tingkat konsumsi energi listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang, peluang, dan solusi penghematan yang dapat direkomendasikan. Pada akhirnya penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan contoh pengelolaan energi listrik yang baik di lingkungan Pemerintah Kota Malang.

## 1.2. RUMUSAN MASALAH

Dalam penelitian ini dirumuskan beberapa masalah diantaranya :

1. Berapa Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
2. Bagaimana cara peningkatan efisiensi energi listrik khususnya untuk beban AC dan penerangan.
3. Berapa besar potensi peningkatan efisiensi energi listrik yang dapat direkomendasikan.

## 1.3. BATASAN MASALAH

Agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuannya, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Program peningkatan efisiensi yaitu dengan penggunaan lampu *Light Emitting Diode* (LED), dan manajemen pengelolaan *Air conditioning* (AC).
2. Obyek penelitian adalah beban-beban listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang dengan kondisi dan keadaan yang ada pada saat penelitian dilakukan.
3. Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran dan survey lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari pihak pemerintah Kota Malang dan dari sumber-sumber lain.

## 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui intensitas konsumsi energi dan besar potensi peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik yang dapat dilakukan khususnya pada beban penerangan dan *Air conditioning* (AC) di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

## 1.5. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan penulisan ini adalah sebagai berikut :

**BAB I**. Pendahuluan, membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, dan sistematika penulisan.

**BAB II.** Tinjauan Pustaka berisi mengenai tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan.

**BAB III.** Metodologi, berisi tentang metode pengambilan data serta metode analisis data.

**BAB IV.** Analisis Data, berisi tentang analisis besarnya konsumsi energi dan menghitung besar potensi penghematan yang dapat dilakukan dalam upaya peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

**BAB V.** Penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Konservasi Energi

Konservasi adalah pelestarian atau perlindungan, sedangkan untuk konservasi energi adalah kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. 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. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keuntungan (DPN, 2006).

Penghematan energi merupakan unsur yang penting dari sebuah kebijakan energi. Penghematan energi menurunkan konsumsi energi dan permintaan energi per kapita, sehingga dapat menutup meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi. Hal ini mengurangi naiknya biaya energi, dan dapat mengurangi kebutuhan pembangkit energi atau impor energi. Berkurangnya permintaan energi dapat memberikan fleksibilitas dalam memilih metode produksi energi.

Selain itu, dengan mengurangi emisi, penghematan energi merupakan bagian penting dari mencegah atau mengurangi perubahan iklim. Penghematan energi juga memudahkan digantinya sumber-sumber tak dapat diperbaharui dengan sumber-sumber yang dapat diperbaharui. Penghematan energi sering merupakan cara paling ekonomis dalam menghadapi kekurangan energi, dan merupakan cara yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan meningkatkan produksi energi.

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

secara lebih tepat, cermat, hemat dan efisien dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

## 2.2. Manajemen Energi

Manajemen energi adalah aktifitas dalam menggunakan energi dengan bijaksana dan efektif untuk memaksimalkan keuntungan (*minimize costs*) dan meningkatkan (*enhance)* kondisi yang kompetitif. Program manajemen dan konversi energi adalah kunci untuk menggunakan minyak bumi dan energi listrik dengan lebih efisien. Ketika suatu organisasi memutuskan untuk melakukan manajemen energi, maka langkah awal yang harus diambil adalah melakukan audit energi. Audit energi adalah pemeriksaan atas penggunaan energi oleh peralatan atau sistem untuk memastikan bahwa energi pada sistem digunakan dengan efisien. Atau dengan kata lain, audit energi merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan mengevaluasi potensi penghematan energi pada suatu bangunan, serta mengidentifikasi dan mengevaluasi *Energy Conservation Oppotunities* (ECOs).

Beberapa istilah yang sering digunakan sehubungan dengan audit energi antara lain:

1. *Walk Through Audit*

   *Walk Through Audit* adalah kegiatan di dalam mengidentifikasi jenis dan besarnya energi yang digunakan pada suatu bangunan atau audit singkat yang dilaksanakan pada pemeriksaan bangunan.

2. *Energy Audit Data Base* (EADB)

   *Energi Audit Data Base* adalah penyimpanan data-data dan informasi-informasi yang relevan dan dibutuhkan dalam pelaksanaan audit energi pada suatu bangunan, yang tersimpan dan terorganisir dengan baik pada suatu sistem komputerisasi. Dengan adanya EADB, waktu yang dibutuhkan untuk mengakses data yang dibutuhkan dapat dihemat karena tidak perlu lagi mencari data tersebut di buku.

Beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam melakukan suatu audit energy, yaitu : (Lybery.MD, 1981)

1. *Building Rating for an Audit*

Bangunan-bangunan yang akan diaudit dikelompokkan berdasarkan kemungkinan penghematan energi yang dapat dilakukan. Pengelompokan dilakukan dengan memilih bangunan dengan potensi konservasi energi tertinggi sampai yang terendah. Bangunan dengan potensi konservasi energi tertinggi adalah bangunan dengan performansi energi terendah.

2. *Disaggregation*

Perhatian harus difokuskan pada komponen-komponen bangunan yang memiliki aliran energi dan potensi penghematan energi yang besar atau produktif untuk diaudit, misalnya sistem penerangan, sistem pendingin atau pemanas, dll

3. *ECO (Energy Conservation Oppotunities) Identification & Evaluation*

ECOs yang ada harus diidentifikasi dan dievaluasi untuk mengetahui apakah potensi-potensi tersebut memungkinkan untuk diaplikasikan atau tidak. Dengan adanya identifikasi dan evaluasi ini, maka berdasarkan implementasinya, ECO dapat dikatagorikan menjadi 3 bagian yaitu:

1. ECO yang diimplementasikan dengan mengurangi atau bahkan meniadakan maintenance yang kurang penting.
2. ECO yang diimplemenasikan tanpa melakukan penggantian peralatan, tetapi cukup dengan melakukan maintenance secara periodik.
3. ECO yang diimplementasikan dengan mengganti peralatan. Dengan ketiga kategori diatas, maka ECO dapat dibagi menjadi beberapa prioritas berdasarkan implementasi tersebut diatas. ECO yang diimplementasikan dengan mengurangi atau bahkan meniadakan maintenance yang kurang penting merupakan prioritas utama yang harus dilakukan terlebih dahulu. Sedangkan ECO yang membutuhkan penggantian peraltan akan menjadi prioritas terakhir.

4. *Post Implementation Performace Analysis*

Dua hal yang harus dilakukan pada tahap ini adalah :

a). Identifikasi Masalah

Performansi peralatan yang kurang memuaskan dapat diidentifikasikan melalui pemer iksaaan dan analisis data-data yang terkumpul, misalnya data pemakaian energi. Untuk mengurangi rugi-rugi energi, pemeriksaan harus dilakukan secara berkala sehingga masalah dapat terdeteksi lebih dini.

b). *Retrofit evaluation*

Mengevaluasi perubahan-perubahan yang telah dilakukan dengan menganalisa apakah perubahan tersebut benar-benar telah menghasilkan penghematan penggunaan energi. Besar penghematan yang diperoleh juga harus dikalkulasi. Keuntungan yang diperoleh dari hasil audit dapat dihitung dengan membandingkan konsumsi energi sebelum dan sesudah dilakukan audit energi. Perhitungan keuntungan ini sangat penting karena akan menjadi parameter keberhasilan audit yang dilakukan.

## 2.3. Klasifikasi Daya listrik

Klasifikasi daya listrik pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian yaitu: (Pabla, 1994).

**1. Daya Tersambung**

Daya tersabung adalah daya yang disambungkan oleh pihak PLN kepada konsumen. Dalam menyalurkan energi listriknya pihak PLN mempunyai aturanaturan tertentu sehingga konsumen harus mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan tersebut.

**2. Daya Terpasang**

Daya terpasang adalah besarnya daya yang dihitung dari besarnya masing-masing beban yang terpasang. Beban yang terpasang dapat berupa lampu-lampu, motor-motor listrik, dan beban listrik lainnya. Daya terpasang biasanya dinyatakan dalam kVA. Besarnya daya terpasang ini bisa lebih besar dari daya tersambungnya karena ada kemungkinan beban-beban yang ada tidak beroperasi secara bersamaan.

**3. Daya Terpakai**

Daya terpakai adalah besarnya pemakaian daya listrik dari beban yang terpasang. Besarnya pemakaian daya listrik ini dapat diketahui dari peralatan pengukur, misalnya Watt meter dan peralatan lainnya. Beban-beban yang terpasang ada kemungkinan tidak dioperasikan secara serentak, sehingga besarnya daya yang terpakai ini berada dibawah daya tersambungnya.

## 2.4. Klasifikasi Beban

Dalam distribusi tenaga listrik secara umum beban diklasifikasikan menjadi empat macam yaitu beban perumahan, beban industri, beban komersil dan beban publik masing masing jenis beban ini mempunyai karakteristik atau pola embebanan yang berbeda. Hal ini karena pemakaian listrik yang berbeda dari masing-masing jenis beban tersebut (Pabla, 1994:7). Untuk lebih memahami masing-masing jenis beban perumahan, industri, komersil dan publik dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Beban Perumahan

Beban perumahan atau beban residental adalah beban listrik di daerah perumahan. Peralatan pada beban ini umumnya terdiri dari lampu penerangan, televisi, lemari es, mesin cuci, kompor listrik, motor-motor listrik kecil dan sebagainya. Faktor beban berkisar antara 10% sampai 15%.

2. Beban Industri

Beban industri adalah beban listrik yang berasal dari peralatan listrik di daerah industri. Beban listrik pada daerah ini berupa penerangan, pemanas, motor-motor listrik, dan lainnya. Pada beban industri faktor beban berkisar antara 70% sampai 80%.

3. Beban Komersil

Beban komersil atau beban usaha adalah beban listrik pada daerah pertokoan, hotel dan sebagainya. Beban yang terpasang umumnya terdiri dari lampu penerangan, kipas angin, *air conditioning* (AC), lift, lampu reklame dan sebagainya. Pada beban komersil faktor beban umumnya berkisar antara 25% sampai 30%

4. Beban Publik

Beban publik adalah beban listrik fasa kantor-kantor pemerintah dan fasilitas lainnya seperti sekolah, rumah sakit, panti asuhan, penerangan jalan dan sebagainya. Pada beban publik faktor beban umumnya berkisar antara 10% sampi 25%.

## 2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi listrik pada suatu sistem (bangunan). Pada hakekatnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung. Menurut pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional dalam menentukan prestasi penghematan energi. Untuk gedung dan bangunan komersial dapat mengacu kepada standar nilai IKE berikut: (Diknas, 2006).

1. Untuk Gedung Ber-AC :
   a. Sangat efisien = (4,17 – 7,92) kWh/$m^2$/bln
   b. Efisien = (7,92 – 12,08) kWh/$m^2$/bulan
   c. Cukup efisien = (12,08 – 14,58) kWh/$m^2$/bulan
   d. Agak boros = (14,58 – 19,17) kWh/$m^2$/bulan
   e. Boros = (19,17 – 23,75) kWh/$m^2$/bulan
   f. Sangat boros = (23,75 – 37,5) kWh/$m^2$/bulan
2. Untuk Gedung Tidak Ber-AC :
   a. Efisien = (0,84 – 1,67) kWh/$m^2$/bulan
   b. Cukup efisien = (1,67 – 2,5) kWh/$m^2$/bulan
   c. Boros = (2,5 – 3,34) kWh/$m^2$/bulan
   d. Sangat boros = (3,34 – 4,17) kWh/$m^2$/bulan

Bila nilai IKE hasil perhitungan telah dibandingkan dengan IKE standar atau target IKE dan hasilnya ternyata sama atau kurang dari target IKE, maka kegiatan audit selanjutnya dapat dihentikan atau diteruskan dengan harapan diperoleh nilai IKE yang lebih rendah lagi.

Konsumsi energi spesifik per luas lantai menggunakan AC dan atau tidak menggunakan AC sesuai dengan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.12 tahun 2012, yaitu:

a. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung kurang dari 10 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang tidak menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai adalah :

$$IKE_1 = \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ (kWh)}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)} \qquad (2-1)$$

b. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_2 = \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ (kWh)}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)} \qquad (2-2)$$

c. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10 % dan kurang dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC.

a) Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC adalah :

$$IKE_3 = \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ (kWh) - Konsumsi\ Energi\ AC(kWh)}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)} \qquad (2-3)$$

b) Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_4 = \frac{Konsumsi\ Energi\ \ AC}{Luas\ Lantai\ BerAC\ (m^2)} + \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ - Konsumsi\ AC}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)} \qquad (2-4)$$

## 2.6. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE)

Hasil pengukuran selanjutnya ditindaklanjuti dengan perhitungan besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan penyusunan profil penggunaan energi bangunan. 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. Apabila peluang hemat energi ini telah dikenali sebelumnya, maka perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan.

Penghematan energi pada bangunan gedung tidak dapat diperoleh begitu saja dengan cara mengurangi kenyamanan penghuni ataupun produktivitas di lingkunan kerja. Penghematan energi pada bangunan gedung perlu dilakukan usaha-usaha seperti: mengurangi sekecil mungkin pemakaian energi (mengurangi kW dan jam operasi), memperbaiki kinerja peralatan, penggunaan sumber energi yang murah. Peran sumber daya manusia sangat penting dalam meningkatkan budaya hemat energi listrik.

## 2.7. Rekomendasi PHE

Setelah melakukan survey dan menganalisa data penggunaan energi, auditor energi akan memberikan beberapa rekomendasi pada perusahan. Rekomendasi merupakan usulan- usulan yang dapat dilakukan perusahaan untuk memperbaiki efisiensi penggunaan energi di perusahaan tersebut. Secara umum, rekomendasi bisa berupa:

1. Rekomendasi untuk mengganti sistem, karena sistem yang lama dianggap sudah tidak efisien.
2. Rekomendasi untuk perbaikan sistem, karena sistem dianggap kurang efisien, sehingga dirasa perlu untuk melakukan sedikit perbaikan agar efisiensinya dapat ditingkatkan.
3. Rekomendasi untuk memasang peralatan baru.

Berdasarkan EMO (*Energy Management Opportunity*), pemanfaatan manajemen energi berdasarkan capital cost atau biayanya dibagi 3, yaitu :

- Kategori 1 : meliputi *no cost investment* dan tidak mengubah operasional sistem. Biasanya hanya berupa rekomendasi untuk mematikan lampu atau AC ketika tidak digunakan, mengubah setingan suhu AC agar tidak terlalu rendah, dll.

- Kategori 2 : Meliputi *low cost investment* dengan sedikit perubahan atau perbaikan pada sistem. Misalnya mengganti lampu *fluorescent* dengan lampu LED atu lampu hemat energi.
- Kategori 3 : meliputi *hight cost investment* dengan beberapa perubahan dan perbaikan pada sistem. Misalnya memasang perlatan *power factor correction*.

## 2.8. Air conditioning (AC)

Tata udara pada bangunan yang sederhana dan yang terletak di lingkungan yang segar pada umumnya dapat dilakukan secara alami. Dalam hal ini penghuni bangunan tersebut dapat memperoleh kenyamanan secara alami pula tanpa perlu dilengkapi bangunan tersebut dengan alat pendingin ruangan (AC). Memang penggunaan alat pendingin ruangan secara benar akan meningkatkan kenyamanan dalam ruangan, namun demikian dilain pihak penggunaan energinya cukup besar. Bahkan pada umumnya lebih besar dari pada penggunaan energi listrik untuk penerangan. Satuan daya AC di pasaran biasa dikenal sebagai PK (*Paard Kracht*). PK adalah sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan BTU (*British Thermal Unit*). BTU berfungsi menentukan tingkat kesejukan udara yang dihasilkan. Semakin tinggi tingkat kedinginan, maka semakin besar PK-nya.

Langkah – langkah penghematan energi dalam menggunakan AC sesuai dengan Peraturan Menteri Sumber Daya Mineral dan Energi, yaitu:

- Mengatur suhu ruang ber-AC antara 24 – 25˚C
- Menggunakan *Timer switch* untuk mengatur waktu “hidup dan mati” AC
- Menyalakan AC 1 jam sesudah jam kerja dimulai
- Mematikan AC 1 jam sebelum jam kerja berakhir
- Mematikan AC jika tidak digunakan
- Menghindari AC terkena langsung sinar matahari
- Memastikan udara luar tidak masuk ke dalam ruang ber-AC
- Menghindarkan sinar matahari langsung masuk ke ruang ber-AC

Gambar 2.1. Sistem Pendingin Udara (AC) *Split*.
Sumber : AC di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

Pada peralatan pendingin (AC) berusia lebih dari 10 tahun, pemakaian energinya akan lebih besar 30-50% dibandingkan dengan peralatan pendingin terkini. Untuk itu, laksanakan program penggantian peralatan pendingin (AC) dengan pendingin hemat energi dengan teknologi terbaru. Untuk mengetahui berapa PK yang dibutuhkan dalam suatu ruang, maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

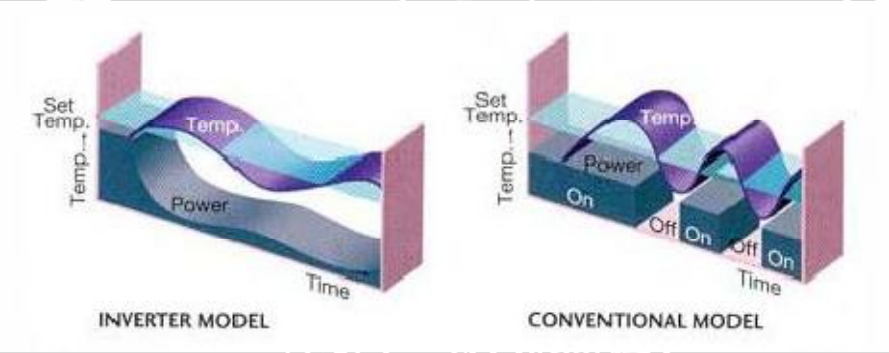
$$PK_{AC\ yang\ dibutuhkan} = p \times l \times \text{koefisien BTU} \qquad (2 - 5)$$

Keterangan :

| | |
|---|---|
| Koefisien BTU | = 500 BTU/jam tiap 1 $m^2$ |
| p | = panjang ruangan ( m ) |
| l | = lebar ruangan ( m ) |
| 1/2 PK | = 5000 BTU/Jam |
| 3/4 PK | = 7000 BTU/Jam |
| 1 PK | = 9000 BTU/Jam |
| 1,5 PK | = 12.000 BTU/Jam |
| 2 PK | = 18.000 BTU/Jam |
| 2,5 PK | = 24.000 BTU/Jam |

Pada AC konvensional, motor pada kompresor akan bekerja pada kecepatan maksimum jika suhu ruangan belum terpenuhi dan akan mati bila suhu ruangan sudah terpenuhi. Sedangkan arus yang dibutuhkan motor kompresor untuk start sangat tinggi sehingga menyebabkan biaya listrik meningkat. Hal tersebut yang dihindari oleh sistem AC inverter.

Prinsip kerja AC inverter yaitu hidup dan mati dari motor kompresor diminimalkan, dengan menggunakan kompresor yang kecepatan motornya dapat berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Pada saat suhu ruangan belum mencapai suhu yang diinginkan, maka kecepatan motor kompresor akan maksimal dan kecepatan motor akan semakin berkurang jika suhu ruangan sudah mendekati suhu yang diinginkan. Perbandingan kurva temperatur terhadap waktu untuk AC inverter dan AC konvensional digambarkan pada Gambar 2.2.




Gambar 2.2 Perbandingan Kurva Temperatur Terhadap Waktu Untuk AC Inverter dan AC Konvensional.
Sumber: www.airconditioningfaq.com/Air-Conditioner/terminology/Air-Conditioning-Terminology.html. diunduh pada Desember 2013.

## 2.9. Sistem Pencahayaan

*Lighting* adalah beban penting yang pasti ada pada suatu bangunan atau gedung. *Lighting* yang digunakan bisa bermacam-macam baik dari jenis lampu maupun ukuran daya yang digunakan, tergantung dari fungsi dan kebutuhan ruang. Misalnya kebutuhan penerangan pada ruangan yang berfungsi sebagai gedung, ruang kelas tentu berbeda dengan kebutuhan penerangan pada ruang gedung.

**1. Lampu *Incandescent* (Lampu Pijar)**

Lampu *incandescent* (lampu pijar) adalah suatu sumber cahaya buatan yang bekerja dengan berpijar, yaitu dengan mengalirkan arus elektrik melalui suatu kawat pijar tipis (*filamen*), sehingga filamen akan mengalami pemanasan. Dengan demikian lampu pijar akan memancarkan panas dan cahaya secara bersamaan. Belakangan ini, lampu pijar mulai jarang digunakan karena selain intensitas cahaya rendah jika dibandingkan dengan lampu jenis lain.

**2. Lampu *Fluorescent* (lampu TL)**

Lampu *fluorescent* atau Lampu TL adalah lampu yang sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk *fluorescent* pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Umumnya lampu ini berbentuk panjang yang mempunyai elektroda pada kedua ujungnya, berisi uap merkuri pada tekanan rendah dengan gas inert untuk penyalaannya. Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan.

Lampu TL mempunyai diameter antara lain 26 mm dan 38 mm, mempunyai bermacam-macam warna; merah, kuning, hijau, putih, *daylight* dan lain-lain serta tersedia dalam bentuk bulat. Lampu TL mempunyai dua sistem penyalaan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Bentuk lampu fluoresen dapat berbentuk miniatur dan ada yang dilengkapi dengan balast dan starter dalam satu selungkup gelas dan kaki lampunya sesuai dengan kaki lampu pijar . Lampu ini memakai balast elektronik atau balast konvensional dan disebut *Compact Fluorescent.*

**3. Lampu *Light Emitting Diode* (LED)**

LED (Light Emitting Diode) merupakan sejenis lampu yang akhir-akhir ini muncul dalam kehidupan kita. LED dulu umumnya digunakan pada gadget seperti ponsel atau PDA serta komputer. Sebagai pesaing lampu bohlam dan neon, saat ini aplikasinya mulai meluas dan bahkan bisa kita temukan pada korek api yang kita gunakan, lampu emergency dan sebagainya. Led sebagai model lampu masa depan dianggap dapat menekan pemanasan global karena efisiensinya. Lampu ini merupakan jenis solid-state lighting (SSL), artinya lampu yang menggunakan

kumpulan LED, benda padat, sebagai sumber penerangannya sehingga tidak mudah rusak bila terjatuh atau bohlamnya pecah.

Lampu LED sekarang sudah digunakan untuk:

a. Penerangan untuk rumah
b. Penerangan untuk jalan
c. Lampu advertising interior/eksterior gedung

**1. Prinsip Kerja Lampu LED**

Lampu LED berkerja berdasarkan prinsip polarisasi. Seperti halnya dioda, Chip LED mempunyai kutub positif dan negatif (p-n) dan hanya akan menyala bila diberikan arus maju. Ini dikarenakan LED terbuat dari bahan semikonduktor yang hanya akan mengizinkan arus listrik mengalir ke satu arah dan tidak ke arah sebaliknya. Bila LED diberikan arus terbalik, hanya akan ada sedikit arus yang melewati chip LED. Ini menyebabkan chip LED tidak akan mengeluarkan emisi cahaya.

Chip LED pada umumnya mempunyai tegangan rusak yang relatif rendah. Bila diberikan tegangan beberapa volt ke arah terbalik, biasanya sifat isolator searah LED akan jebol menyebabkan arus dapat mengalir ke arah sebaliknya. Karakteristik chip LED pada umumnya adalah sama dengan karakteristik dioda yang hanya memerlukan tegangan tertentu untuk dapat beroperasi. Namun bila diberikan tegangan yang terlalu besar, LED akan rusak walaupun tegangan yang diberikan adalah tegangan maju.

Gambar 2.3. Struktur Lampu LED.
Sumber : Katalog Lampu Philips LED.

LED dioperasikan dengan arus searah 12 Volt. Lampu LED juga dapat dioperasikan menggunakan arus bolak balik 100 - 240 Volt. Untuk itu lampu LED memiliki sirkuit internal (konverter) untuk mengubah AC menjadi DC. Dari konversi tersebut timbul panas, karena hal tersebut di lampu LED AC umumnya terdapat sirip-sirip pendingin.

**2. Keunggulan lampu LED**

Beberapa Keuntungan yang didapat apabila menggunakan lampu Led dari pada lampu TL atau lampu pijar :

a. Mengurangi tagihan listrik, karena lampu LED lebih hemat energi hingga 80% dibandingkan lampu pijar atau lampu TL.
b. Led menghasilkan panas lebih sedikit, dengan begitu selain hemat konsumsi listrik dari lampu juga hemat untuk konsumsi litrik pendingin.
c. Panas yang dihasilkan lampu yang sering kita gunakan selain tidak nyaman untuk mata juga bisa merubah warna dekorasi rumah. Apabila menggunakan Lampu LED, maka hal tersebut bisa dihindari karena kualitas dari pencahaan lampu dan manajemen panas LED lebih baik.
d. Lampu LED bebas dari bahaya merkuri jadi sangat aman digunakan dimana saja, serta ramah lingkungan.
e. Lampu LED jauh lebih tahan lama, 60 kali dari lampu pijar dan 10 kali dari lampu TL. Usia teknis dari LED rata – rata 50.000 jam.
f. Tidak memancarkan radiasi UV.

Walaupun harga Lampu LED sangat mahal dibandingkan lampu lainnya, bila kita memperhatikan umur dari lampu LED, maka dapat kita simpulkan bahwa dengan menggunakan lampu LED lebih hemat dan efisien dibandingkan lampu TL maupun lampu pijar.

## 2.10. Tingkat Pencahayaan

Satu objek pada siang hari dapat terlihat dengan mudah, dapat saja pada malam hari tidak terlihat karena mata kita bergantung pada tingkat pencahayaan yang jatuh pada suatu benda. Tingkat pencahayaan (iluminasi) sebagian besar ditentukan oleh tingkat pencahayaan yang jatuh pada suatu luas permukaan atau

bidang dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah perbandingan jumlah fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan dengan luas bidang.

**a) Tingkat Pencahayaan Rata-rata ($E_{rata-rata}$)**

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata Erata-rata (lux), dapat dihitung dengan persamaan : (SNI 03-6575-2001).

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times kp \times kd}{A} \quad lux \qquad (2\text{-}6)$$

Dimana :

$E_{rata-rata}$ = Tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

$F_{total}$ = Fluks luminous total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen).

A = Luas bidang kerja ($m^2$)

$k_p$ = Koefisien penggunaan

$k_d$ = Koefisien depresiasi (penyusutan)

Tabel 2.1. Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan

| Fungsi Ruangan | Tingkat pencahayaan (lux) | Kelompok redesi warna | Keterangan |
|---|---|---|---|
| **Rumah Tinggal :** | | | |
| 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 | |
| **Perkantoran :** | | | |
| Ruang Direktur | 350 | 1 atau 2 | |
| Ruang kerja | 350 | 1 atau 2 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ruang komputer | 350 | 1 atau 2 | |
| 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 | |
| **Lembaga Pendidikan :** | | | |
| Ruang kelas | 250 | 1 atau 2 | |
| Perpustakaan | 300 | 1 atau 2 | |
| Laboratorium | 500 | 1 | |
| Ruang gambar | 750 | 1 atau 2 | Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar |
| Kantin | 200 | 1 | |
| **Hotel dan Restauran :** | | | |
| Lobby, koridor | 100 | 1 | Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik. |
| Ballroom/ruang sidang. | 200 | 1 | |
| Ruang makan. | 250 | 1 | |
| Cafetaria. | 250 | 1 | |
| Kamar tidur. | 150 | 1 atau 2 | Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin. |
| Dapur. | 300 | 1 | |

Sumber : SNI 03-6575-2001.

Tabel 2.2. Daya Listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan.

| Jenis Ruangan Bangunan | Daya Pencahayaan Maksimum ($W/m^2$) (termasuk rugi-rugi *balast)* |
|---|---|
| Ruang Kantor | 15 |
| Auditorium | 25 |
| Pasar Swalayan | 20 |
| **Hotel :** | |
| Kamar Tamu | 17 |
| Daerah Umum | 20 |
| **Rumah Sakit :** | |
| Ruang Pasien | 15 |
| Gudang | 5 |
| Kafetaria | 10 |
| Garasi | 2 |
| Restoran | 25 |
| Lobby | 10 |
| Tangga | 10 |
| Ruang parkir | 5 |
| Truang Perkumpulan | 20 |
| Industri | 20 |

Sumber : SNI 03-6575-2001.

**b) Koefisien Penggunaan (kp)**

Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor :

1. Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
2. Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
3. Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
4. Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit, dan dimensi ruangan.

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Merupakan suatu keharusan dari pembuat

armatur untuk memberikan tabel kp, karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armature tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik.

**c) Koefisien Depresiasi/Penyusutan (kd)**

Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh :

1. Kebersihan dari lampu dan armatur.
2. Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan.
3. Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
4. Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8 : (BSN.SNI:2001).).

**d) Jumlah Armatur Yang Diperlukan Untuk Mendapatkan Tingkat Pencahayaan Tertentu**

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminous total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan : (BSN.SNI:2001).

$$F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}(lumen) \qquad (2\text{-}7)$$

kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan:

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \qquad (2\text{-}8)$$

Dimana :

$E_{rata\text{-}rata}$ = Tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

$F_{total}$ = Fluks luminous total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen).

A = Luas bidang kerja ($m^2$)

$k_p$ = Koefisien penggunaan

$k_d$ = Koefisien depresiasi (penyusutan)

$N_{total}$ = Jumlah armatur

$F_1$ = Fluks luminous satu buah lampu

n = Jumlah lampu dalam satu armatur

**e) Rendesi Warna**

Disamping perlu diketahui tampak warna suatu lampu, juga dipergunakan suatu indeks yang menyatakan apakah warna obyek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut. Nilai maksimum secara teoritis dari indeks renderasi warna adalah 100. Untuk aplikasi, ada 4 kelompok renderasi warna yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Pengelompokan Renderasi Warna.

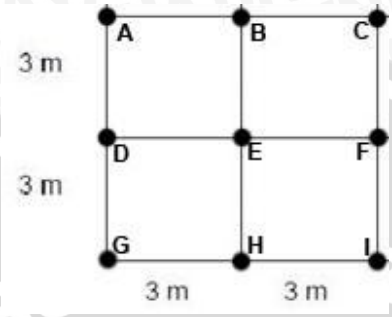
| Kelompok Renderesi Warna | Rentang Indeks Renderesi Warna (Ra) | Tampak Warna |
|---|---|---|
| 1 | Ra > 85 | Dingin |
| | | Sedang |
| | | Hangat |
| 2 | 70 < Ra < 85 | Dingin |
| | | Sedang |
| | | Hangat |
| 3 | 40 < Ra < 70 | |
| 4 | Ra < 40 | |

Sumber : SNI 03-6575-2001.

## 2.11. Metode Penentuan dan Pengukuran Titik-titik Ukur Tingkat Pencahayaan

Dalam menentukan titik-titik ukur dalam pengukuran ruang digunakan metode menurut SNI 16-7062-2004 mengenai "Pengukuran Intensitas Pencahayaan di Tempat Kerja". Untuk mencari besarnya tingkat pencahayaan dalam suatu ruang, harus melalui suatu pengukuran dengan menggunakan alat ukur berupa *luxmeter*. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan *luxmeter* diatas meja kerja yang ada. Untuk luas ruangan antara 10 $m^2$ sampai 100 $m^2$ dibuat titik

potong garis horizontal panjang ruangan dan garis vertikal lebar ruangan pada jarak setiap 3 m. pengukuran akan dilakukan pada titik-titik potong tersebut, seperti pada Gambar 2.4.



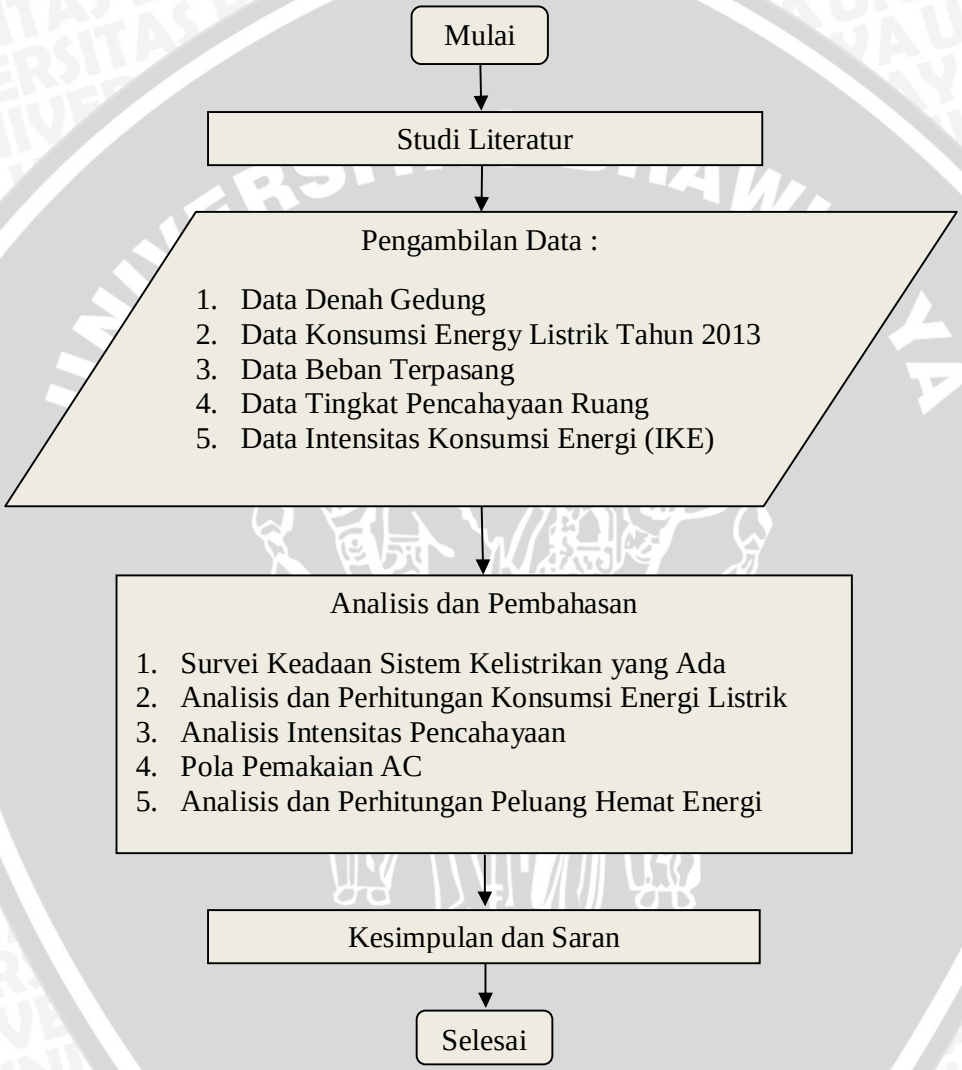

Gambar 2.4. Denah titik pengukuran.
Sumber : SNI 16-7062-2004.

Keterangan :
A, B, C, D, E, F, G, H, I = Titik-titik pengukuran

Saat pengukuran dilakukan pintu ruangan dalam keadaan sesuai dengan kondisi tempat pekerjaan dilakukan. Lampu ruangan dalam keadaan dinyalakan sesuai dengan kondisi pekerjaan. Setelah melakukan pengukuran, hal selanjutnya dilakukan adalah menentukan apakah tingkat pencahayaan minimum pada titik – titik ukur ≥80% dari tingkat pencahayaan rata – rata. Dari pengukuran di titik-titik ukur, maka didapatkan tingkat pencahayaan rata-rata ruang. Apabila ada titik ukur yang berada dibawah 80% tingkat pencahayaan rata-rata, berarti tidak memenuhi syarat sebagai pencahayaan merata.

# BAB III
# METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan penelitian ini digunakan metodologi yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.




Gambar 3.1. Alur Pengerjaan Penelitian
Sumber : Penulis

### 3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku-buku dan literatur yang menunjang dalam penyusunan Penelitian ini, antara lain:

1. Mempelajari tentang karakteristik beban-beban listrik dan spesifikasi jenis gedung.
2. Mempelajari tentang IKE (Intensitas Konsumsi Energi) listrik pada bangunan gedung, standart IKE yang telah ditetapkan dan teori-teori yang berkaitan dengan penulisan Penelitian ini.
3. Mempelajari potensi peluang hemat energy yang dapat dilakukan khususnya untuk beban penerangan dan AC.

### 3.2. Jenis Data

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa data, adapun data yang digunakan adalah :

1. Data primer

   Data primer adalah data-data yang diperoleh langsung di lapangan seperti data pengukuran beban, pola penggunaan beban dan data spesifikasi beban listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

2. Data sekunder

   Data sekunder, yaitu data-data yang diperoleh dari studi literatur dan referensi dari pihak perpustakaan, seperti data denah dan spesifikasi gedung, data tagihan listrik bulanan Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

### 3.3. Survei Lapangan dan Pengambilan Data

Survei lapangan dilakukan untuk mengambil data dari lokasi penelitian di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. Survei lapangan ini juga akan melihat kondisi gedung dan beban yang ada serta besarnya konsumsi energi listrik melalui metode pengukuran.

### 3.4. Metode Analisis dan Perhitungan

Berdasarkan data yang telah diperoleh, maka pembahasan penelitian ini dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data ke Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk mengetahui keadaan atau kondisi yang sesungguhnya, Misalnya : Kondisi gedung atau kondisi luas bangunan dan jenis perangkat yang terdapat di gedung tempat penelitian.
2. Menghitung besarnya nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) beban listrik di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang dari rekening lisrik tahun sebelumnya, dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan sehingga dapat diketahui penggunaan energi oleh beban-beban listik.
3. Analisis Intensitas Pencahayaan dilakukan untuk menentukan besar intensitas pencahayaan yang ada di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk selanjutnya dianalisis dan dihitung untuk menentukan intensitas pencahayaan yang sesuai standar.
4. Kajian awal :
   a. Melakukan *walkthrough audit*, untuk mengetahui pemakaian energi, seperti jumlah peralatan listrik dan beban-beban yang terpasang.
   b. Mengamati kondisi pemakaian energi yang ada, khususnya didalam pengelolaan energi, baik itu pengelolaan umum untuk AC dan peralatan listrik lainnya
5. Menghitung Besarnya Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di tahun sebelumnya, ini dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan, sehingga dapat diketahui peralatan penggunaan energi apa saja yang pemakaian energinya cukup besar.

   Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

   a. Mengumpulkan dan meneliti sejumlah masukan yang dapat mempengaruhi besarnya kebutuhan energi bangunan dari hasil penelitian dan pengukuran.

b. Pengukuran yang dilakukan adalah dengan mengukur pemakaian energi tiap unit peralatan listrik yang bekerja di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

6. Analisis Peluang Hemat Energi (PHE)

Mengenali kemungkinan Peluang Hemat Energi (PHE) dari hasil pengukuran kemudian ditindak lanjuti dengan perhitungan besarnya konsumsi energi beban-beban listrik. Apabila peluang hemat energi ini telah dikenali sebelumnya, maka perlu ditindak lanjuti dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Analisis peluang hemat energi dilakukan dengan usaha-usaha:

a. Mengurangi sekecil mungkin pemakaian energi (mengurangi kW dan jam operasi) khususnya untuk beban penerangan dan AC.
b. Penggunaan lampu *Light Emitting Diode* (LED) sebagai pengganti lampu TL dan lampu LHE.
c. Memaksimalkan peran sumber daya manusia untuk meningkatkan penghematan energy listrik khususnya penggunaan beban lampu dan AC.
d. Melakukan penggantian AC yang usianya lebih dari 5 tahun dengan AC hemat energy tekhnologi inverter.
e. Menggunakan AC dengan suhu yang telah direkomendasikan oleh Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia.

# BAB IV
# PEMBAHASAN

## 4.1. Profil Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang

Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Kota Malang merupakan salah satu gedung perkantoran milik pemerintah Kota Malang yang terletak di Jalan Ijen 30 A – Malang. Gedung Perpustakaan Umum Kota Malang merupakan hasil sumbangan dari OPS Rokok Kretek yang selesai dibangun tanggal 1965, karena Kota Malang membutuhkan perpustakaan maka gedung tersebut digunakan sebagai Kantor Perpustakaan Malang. Peresmian pembukaan Perpustakaan Umum Pusat Kotamadya Dati II Malang dilaksanakan oleh Ketua DPRD dan instansi dari pemerintahan dan lain-lain pada tanggal 22 Mei 1972. Dan saat ini dikenal dengan Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang beroperasi selama 12 jam setiap hari dari Senin sampai Minggu mulai pukul 08.00 – 20.00 WIB kecuali hari Sabtu jam 08.00 – 16.00 WIB dan hari Minggu jam 09.00 – 17.00 WIB. sedangkan untuk jam kerja karyawan Pegawai Negeri selama 8 jam sehari. Untuk menyediakan layanan informasi dan pendidikan maka diperlukan ketersediaan energi listrik yang kontinyu dan mampu memenuhi semua kebutuhan.

Gambar 4.1. Profil Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
Sumber : Hasil Pengamatan.

Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang berdiri diatas lahan seluas sekitar 703 $m^2$ dan luas bangunan 456,2 $m^2$ dan terdiri dari tiga lantai. Lantai satu memiliki 15 ruangan, lantai 2 memilki 12 ruangan, dan lantai 3 memiliki 10 ruangan. Dimana untuk luas total bangunan yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan (ber AC dan tidak ber AC) adalah sebagai berikut :

- Lantai satu (Ruangan ber-AC) : Luas :
  1. Ruang Ken Arok : 86 $m^2$
  2. *Hall & Receptionist* : 118,5 $m^2$
  3. Ruang AudioVisual/Pengadaan : 67 $m^2$
  4. Ruang Penerimaan Tamu : 17 $m^2$
  5. Ruang Ka. Kantor : 9 $m^2$
  6. Ruang Tata Usaha : 13,8 $m^2$
  7. Ruang Baca Anak : 71,88 $m^2$
     - (Ruangan tidak ber-AC) : Luas :
  8. Kantin : 8,96 $m^2$
  9. Dapur : 6,72 $m^2$
  10. Kamar Mandi 1 : 8,4 $m^2$
  11. Mushola : 12 $m^2$
  12. Ruang ME : 8 $m^2$
  13. Kamar Mandi 2 : 8,4 $m^2$
  14. Koridor dan Tangga : 38,44 $m^2$
  15. Ruang *Pantry* : 9 $m^2$
- Lantai 2 (Ruangan ber-AC) : Luas :
  1. Ruang Sirkulasi : 303,6 $m^2$
  2. Ruang Referensi : 67 $m^2$
  3. Ruang Novel : 26 $m^2$
  4. Ruang Restorasi : 18,36 $m^2$
  5. Ruang Pengolahan : 36,72 $m^2$
  6. Ruang Server : 5,76 $m^2$
  7. Ruang Seksi Pelayanan : 10,4 $m^2$
  8. Ruang Seksi Pengembangan : 12 $m^2$

- (Ruangan tidak ber-AC) : Luas :

9. Dapur : 7,5 $m^2$
10. Koridor dan Tangga : 25,44 $m^2$
11. Kamar Mandi 3 : 8,4 $m^2$
12. Kamar Mandi 4 : 8,4 $m^2$

❖ Lantai 3 : Luas :

1. Hall : 232 $m^2$
2. Mushola : 12 $m^2$
3. Kamar Mandi 5 : 8,4 $m^2$
4. Gudang : 12 $m^2$
5. Dapur : 12 $m^2$
6. Ruang Arsip 1 : 42,48 $m^2$
7. Kamar Mandi 6 : 8,4 $m^2$
8. Koridor dan Tangga : 25,44 $m^2$
9. Ruang Arsip 2 : 67 $m^2$
10. Ruang Arsip 3 : 18,36 $m^2$

Tabel 4.1. Komposisi Total Luas Bangunan Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

| No. | Lokasi | Luas bangunan ($m^2$) | Luas Bangunan non AC ($m^2$) | Luas Bangunan ber-AC ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Lantai 1 | 456,2 $m^2$ | 91,52 $m^2$ | 392,18 $m^2$ |
| 2. | Lantai 2 | 530,78 $m^2$ | 50,94 $m^2$ | 479,84 $m^2$ |
| 3. | Lantai 3 | 438,08 $m^2$ | 206,08 $m^2$ | 232 $m^2$ |
| | Total | 1452,56 $m^2$ | 348,54 $m^2$ | 1104,02 $m^2$ |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Dari Tabel 4.1 diketahui bahwa perbandingan luas bangunan yang menggunakan AC lebih luas dibanding luas bangunan yang tidak ber-AC sehingga dapat dipastikan hampir setiap ruang di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang merupakan ruang ber-AC. Untuk lantai 3 terdiri dari ruang-ruang arsip dan gudang yang sudah lama tidak digunakan untuk kegiatan sehingga pemakaian kWh nya nol.

## 4.2. Sistem Kelistrikan di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang

Untuk memenuhi kebutuhan di bidang kelistrikan, gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang disuplai dengan daya yang berasal dari PT. PLN (Persero) sebagai suplai utama dan genset dengan daya sebesar 40 KVA sebagai suplai cadangan. Untuk biaya tarif listriknya terdapat tiga buah kWh meter yang masing-masing daya dan penggunaanya adalah sebagai berikut :

1. KWh meter 33 KVA untuk beban penerangan dan beban lain-lain (beban lain-lain) lantai 1 dan lantai 2.
2. KWh meter 33 KVA untuk beban AC lantai 1 dan lantai 2.
3. KWh meter 5,5 KVA untuk beban keseluruhan di lantai 3.

Namun untuk lantai 3 saat ini terdiri dari ruangan-ruangan yang tidak terpakai selama tahun 2013 dan masih belum direnovasi dan dipakai sampai sekarang, sehingga pemakaian kWh meternya nol atau tidak digunakan. Penggunana mesin pendingin udara (AC) mengalami peningkatan yang cukup besar. Penambahan jumlah AC dilakukan pada beberapa ruang yang dulunya tidak menggunakan AC sehingga daya tersambung dari PLN yang awalnya hanya 16.500 kVA dinaikkan menjadi 33.000 kVA untuk pemakaian AC.

Beban listrik yang semakin meningkat dapat menyebabkan pemborosan jika tidak diimbangi dengan konsumsi listrik yang hemat dan efisien. Peran serta sumber daya manusia sangat diharapkan dalam melakukan penghematan energi listrik. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mematikan lampu ketika ruangan tidak dipakai dan menutup jendela ketika menyalakan AC. Penghematan sekecil apapun dapat mengurahi tingkat konsumsi energi listrik yang berlebihan. Selain itu konservasi pemakaian energi listrik juga perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat konsumsi energi listrik setiap tahunnya.

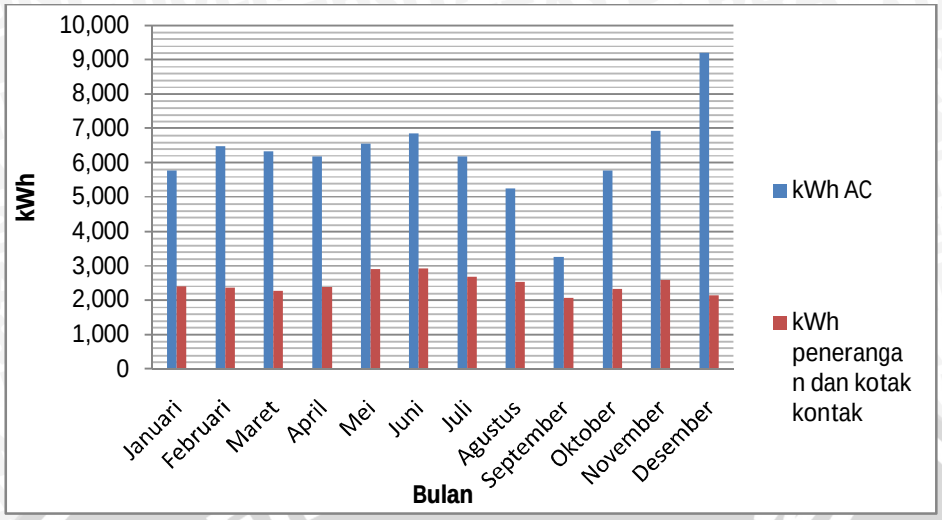
Dalam pelaksanaan konservasi pemakaian energi listrik pada bangunan gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang, dilakukan pengambilan data sekunder konsumsi energi listrik dari rekening listrik bulanan dan data primer dari survey dan pengukuran.

Tabel 4.2. Data Konsumsi Energi Listrik Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang Tahun 2013.

| No. | Bulan | 33000 KVA (AC) | | 33000 KVA (lampu dan stop kontak) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kWh | Total (Rp) | kWh | Total (Rp) |
| 1 | Januari | 5.785 | 7.000.785 | 2.411 | 2.839.170 |
| 2 | Februari | 6.499 | 8.202.600 | 2.371 | 2.892.150 |
| 3 | Maret | 6.343 | 8.105.940 | 2.279 | 2.824.140 |
| 4 | April | 6.178 | 7.878.240 | 2.393 | 2.981.460 |
| 5 | Mei | 6.568 | 8.533.200 | 2.900 | 3.739.860 |
| 6 | Juni | 6.863 | 9.014.115 | 2.933 | 3.822.000 |
| 7 | Juli | 6.190 | 8.085.375 | 2.686 | 3.481.140 |
| 8 | Agustus | 5.255 | 6.927.070 | 2.533 | 3.336.125 |
| 9 | September | 3.260 | 4.250.700 | 2.068 | 2.732.720 |
| 10 | Oktober | 5.785 | 7.010.785 | 2.330 | 2.842.890 |
| 11 | November | 6.937 | 9.362.816 | 2.597 | 3.497.180 |
| 12 | Desember | 9.211 | 12.459.272 | 2.152 | 2.915.504 |
| **Rata-rata** | | 6.240 | 8.069.242 | 2.471 | 3.158.695 |
| **Total** | | 74.874 | 96.830.898 | 29.653 | 37.904.339 |
| **Total kWh selama satu tahun** | | | | | **104.527** |
| **Total biaya selama satu tahun** | | | | | **134.735.237** |

Sumber : Data Rekening Listrik Perpustakaan Umum Kota Malang.

Dari Tabel 4.2 maka dapat diketahui pemakaian kWh total Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang yaitu 104.527 kWh selama tahun 2013. Dan total biaya selama satu tahun yaitu Rp. 134.735.237,00. Rata – rata pemakaian energi listrik per bulan untuk kWh meter beban AC yaitu 6.240 kWh/bulan dan untuk kWh meter beban penerangan dan lain-lain yaitu 2.471 kWh/bulan. Selama periode tahun 2013 tersebut penggunaan listrik hanya terdapat pada lantai 1 dan 2 saja karena lantai 3 tidak digunakan untuk acara atau kegiatan. Pemakaian energi listriknya jika dibuat dalam grafik seperti pada Gambar 4.3.




Gambar 4.2. Grafik Pemakaian Energi Listrik Lantai 1 dan 2 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang Tahun 2013.
Sumber : Hasil Pengamatan.

Dari grafik pemakaian energi listrik di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang diketahui bahwa pemakaian untuk beban AC jauh lebih besar dari pemakaian untuk beban penerangan dan beban lain-lain. Pemakaian untuk beban AC terkecil pada bulan September 2013 yaitu 3.260 kWh dan pemakaian paling besar terjadi pada bulan Desember 2013 yaitu 9.211 kWh dikarenakan pada bulan Desember terjadi penambahan AC *split* 2 PK sebanyak 4 buah yang dipasang di lantai 1. Sedangkan pemakaian untuk beban penerangan dan beban lain-lain terbesar terjadi pada bulan Juni 2013 yaitu 2.933 kWh dan terkecil pada bulan September 2013 yaitu 2.068 kWh.

Dari data rekening pemakaian energi listrik tersebut, maka dapat dihitung jumlah kWh total yang dikonsumsi selama tahun 2013 dan juga jumlah total biaya yang harus dibayar untuk pengadaan energi listrik pada periode tersebut.

## 4.3. Konservasi Penggunaan Energi Listrik

Dalam konservasi atau evaluasi penggunaan energi listrik ini akan dilakukan pengambilan data untuk arus daya yang terpakai untuk mengetahui karakteristik penggunaan beban. Pengukuran juga dilakukan pada kWh meter dimana selanjutnya akan dilakukan perhitungan kembali terhadap intensitas konsumsi energinya. Setelah konsumsi energi didapat maka selanjutnya akan

dilakukan usaha penghematan yang dapat dilakukan. Usaha–usaha penghematan yang dilakukan nantinya lebih difokuskan pada sistem penerangan dan AC.

### 4.3.1. Data dan Perhitungan

Perhitungan energi listrik dilakukan dengan menggunakan data berdasarkan pada nilai terukur yang terbaca pada kWh meter yang terletak di ruang ME gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

Peralatan – peralatan yang disediakan adalah *Klem meter* yang digunakan untuk mengukur arus, daya, tegangan, dan *cos* $\varphi$. sedangkan pengukuran kWh meter cukup dengan melakukan pengamatan langsung. Pengukuran dilakukan pada bulan Januari 2014. Berikut adalah data hasil pengukuran di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

Gambar 4.3. KWh meter Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
Sumber : Hasil Pengamatan.

Untuk kWh meter 5500 kVA lantai 3 tidak dilakukan pengukuran dikarenakan lantai 3 tidak digunakan untuk kegiatan atau tidak ada penggunaan beban. Pemakaian energi listrik per hari dilihat dari selisih antara pengukuran kWh meter setiap harinya. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Pengukuran kWh Meter Pada Bulan Januari 2014 Selama Satu Minggu.

| Tanggal | KWh 33000 (Penerangan & beban lain-lain) | | KWh 33000 (AC) | |
|---|---|---|---|---|
| | Nilai Terbaca (kWh) | Pemakaian (kWh) | Nilai Terbaca (kWh) | Pemakaian (kWh) |
| 19-1-2014 | 40722,8 | 120,1 | 7254,94 | 208,04 |
| 20-1-2014 | 40842,9 | 141,5 | 7462,98 | 256,87 |
| 21-1-2015 | 40984,4 | 141,8 | 7719,85 | 256,46 |
| 22-1-2015 | 41126,2 | 147,2 | 7976,31 | 232,72 |
| 23-1-2016 | 41273,4 | 150,5 | 8209,03 | 235,12 |
| 24-1-2016 | 41423,9 | 149,7 | 8444,15 | 233,56 |
| 25-1-2017 | 41573,6 | 123,7 | 8677,71 | 204,54 |
| 26-1-2018 | 41697,3 | - | 8882,25 | - |
| | | | | |
| Rata - rata per hari | | 139,21 | | 232,47 |
| Total pemakaian per hari | | | | 371,69 |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Dari Tabel 4.3 didapat rata-rata pemakaian energi listrik per hari untuk beban penerangan dan beban lain-lain yaitu 139,21 kWh/hari, untuk beban AC sebesar 232,47 kWh/hari, dan total pemakaian energi listrik selama satu minggu sebesar 371,69 kWh. Pengukuran tersebut dilakukan pada bulan Januari 2014, pemilihan bulan Januari dikarenakan awal tahun kerja sehingga diperkirakan beban pada bulan ini cukup besar. Pemakaian rata – rata untuk satu bulan ini adalah sebagai berikut :

KWh meter penerangan dan beban lain-lain :

= 139,21 kWh x 30 hari

= 4.176,3 kWh/bulan

KWh meter AC :

= 232,47 kWh x 30 hari

= 6.974,1 kWh/bulan

Total pemakaian energi listrik per bulan sebelum penghematan :

= 4.176,3 kWh/bulan + 6.974,1 kWh/bulan

= 11.150,4 kWh/bulan

Pemakaian energi dari hasil pengukuran kWh meter ini sesuai dengan data rekening bulanan yang didapat dari PLN untuk pemakaian kWh meter beban AC maupun beban penerangan dan beban lain-lain.

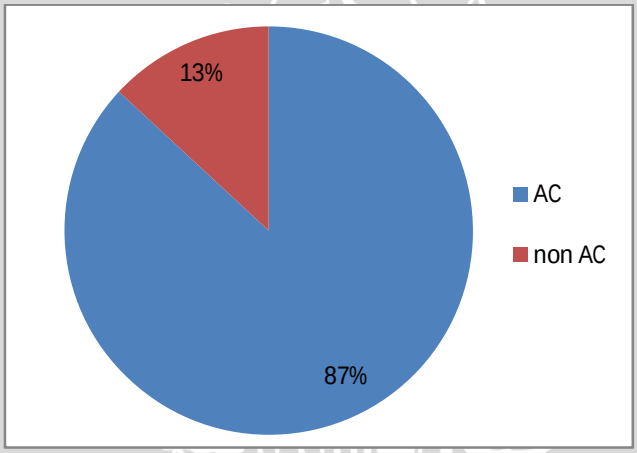
### 4.3.2. Menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Dari data konsumsi energi listrik dan data luas bangunan di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang, maka dapat dihitung nilai Intensitas Konsumsi Energi Listrik (IKE) per bulan. Sebagai contoh untuk menghitung IKE bulan Januari 2014 adalah sebagai berikut :

Luas bangunan ber AC (lantai 1 dan 2) : 872,05 $m^2$

Luas bangunan non AC (lantai 1 dan 2) : 142,46 $m^2$

Luas Total bangunan (lantai 1 dan 2) : 1014,48 $m^2$




Gambar 4.4. Prosentase perbandingan luas bangunan ber AC dan non AC.
Sumber : Hasil Pengamatan.

Dari prosentase perbandingan luas lantai yang ber-AC adalah 87% dan lantai non AC adalah 13%. Karena prosentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10 % dan kurang dari 90 % maka termasuk kategori gedung ber-AC dan tidak ber-AC, sesuai dengan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral (No.12 Tahun 2012). Perhitungan IKE per tahun berdasarkan persamaan (2-3) dan (2-4) :

c) Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC adalah :

$$IKE_3 = \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ (kWh) - Konsumsi\ Energi\ AC(kWh)}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)}$$

$$= \frac{11150{,}4\ (kWh) - 6974{,}1\ (kWh)}{1014{,}48\ (m^2)}$$

= 4,12 kWh/m$^2$/bulan.

d) Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_4 = \frac{Konsumsi\ Energi\ \ AC}{Luas\ Lantai\ BerAC\ (m^2)} + \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ - Konsumsi\ AC}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)}$$

$$= \frac{6974{,}1\ (kWh)}{872{,}05\ (m^2)} + \frac{11150{,}4\ (kWh) - 6974{,}1(kWh)}{1014{,}48\ (m^2)}$$

= 12,12 kWh/m$^2$/bulan.

Untuk penentuan target dari IKE per satuan luas menggunakan standar Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas, 2006). Dari hasil perhitungan didapat nilai IKE untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 4,12 kWh/m$^2$/bulan termasuk kategori sangat boros dan untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 12,12 kWh/m$^2$/bulan termasuk kategori cukup efisien. Dengan melakukan upaya penghematan diharapkan dapat diperoleh nilai IKE yang lebih rendah lagi.

### 4.3.3. Konsumsi Energi Listrik Sistem Penerangan

Konsumsi energi listrik untuk penerangan yang digunakan di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang adalah lampu TL *fluorescent tube* Philips dengan daya 40 Watt dan lampu LHE Philips *Essential* dengan daya 15 Watt. Lampu penerangan yang sebagian besar digunakan yaitu lampu TL yang menggunakan *ballast*. Selain itu, usia armatur, trafo dan *ballast* lampu juga sudah lama, penurunan nilai efisiensi juga dapat mengakibatkan pemborosan. Penggunaan lampu penerangan yang hemat dan efisien dapat mengurangi konsumsi energi listrik.

(a) (b)

Gambar 4.5. Contoh Pemborosan pada Penerangan di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
Sumber : Hasil Pengamatan.

Gambar 4.5. (a) menunjukkan penggunaan lampu di ruang Kepala Kantor yang menyala saat ruangan sedang tidak digunakan. Gambar 4.8. (b) menunjukkan penggunaan lampu toilet yang tetap menyala meskipun sedang tidak digunakan. Dari survey yang telah dilakukan ditemukan beberapa penggunana lampu penerangan yang masih menyala saat ruangan tidak digunakan sehingga hal ini dapat menyebabkan pemborosan energi listrik.

Pola konsumsi energi listrik sistem penerangan dipengaruhi oleh jadwal kegiatan di masing-masing ruangan. Besarnya tingkat konsumsi energi listrik untuk sistem penerangan dipengaruhi oleh total daya lampu yang beroperasi dan waktu nyala dari tiap lampu. Untuk menghitung konsumsi energi listrik penerangan seperti pada ruang *Pantry* dengan daya lampu (p) = 40 watt, jumlah lampu (n) = 2 buah, jam nyala (t) = 8 jam dengan *cos* φ sebesar 0,80 (hasil pengukuran) maka konsumsi energi listriknya dapat dihitung dengan cara :

Contoh perhitungan Konsumsi listrik lampu/hari = (p x *cos* $\varphi$ x t) n

= (40 x 0,80 x 8) x 2

= 0,19 kWh/hari

Dengan cara yang sama didapatkan hasil konsumsi energi listrik penerangan per hari lantai 1 dan 2 seperti pada Tabel 4.5 dan Table 4.6.

Tabel 4.4. Lampu yang digunakan di Lantai 1 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

| No | Nama Ruangan | Jenis Lampu | Jumlah (buah) | Jam Nyala | Daya (watt) | Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ruang Ken Arok | Lampu TL | 15 | 2 | 40 | 0,96 |
| | | LHE Inbow | 5 | 2 | 15 | 0,12 |
| 2 | *Hall & Receptionist* | Lampu TL | 14 | 12 | 40 | 5,38 |
| | | LHE Inbow | 11 | 12 | 15 | 1,58 |
| 3 | Koridor dan Tangga | LHE Inbow | 8 | 24 | 15 | 2,30 |
| 4 | Ruang *Pantry* | LHE Outbow | 2 | 8 | 15 | 0,19 |
| 5 | Kamar Mandi 1 | LHE Outbow | 4 | 10 | 15 | 0,48 |
| 6 | Audio/Pengadaan | Lampu TL | 12 | 12 | 40 | 4,61 |
| | | LHE Inbow | 3 | 12 | 15 | 0,43 |
| 7 | Ruang Tamu | Lampu TL | 2 | 8 | 40 | 0,51 |
| 8 | Ruang Ka. Kepala | Lampu TL | 1 | 8 | 40 | 0,26 |
| | | LHE Inbow | 1 | 8 | 15 | 0,10 |
| 9 | Ruang Tata Usaha | Lampu TL | 2 | 8 | 40 | 0,51 |
| | | LHE Inbow | 1 | 8 | 15 | 0,10 |
| 10 | Ruang Baca Anak | Lampu TL | 12 | 8 | 40 | 3,07 |
| | | LHE Inbow | 3 | 8 | 15 | 0,29 |
| 11 | Penerangan Luar | LHE Inbow | 6 | 12 | 15 | 0,86 |
| | | LHE Outbow | 18 | 12 | 15 | 2,59 |
| 12 | Ruang ME | Lampu TL | 2 | 2 | 40 | 0,13 |
| 13 | Mushola | LHE Outbow | 2 | 12 | 15 | 0,29 |
| 14 | Kantin | LHE Outbow | 3 | 8 | 15 | 0,29 |
| 15 | Dapur | LHE Outbow | 3 | 12 | 15 | 0,43 |
| 16 | Kamar Mandi 2 | LHE Outbow | 3 | 10 | 15 | 0,36 |
| Total Jumlah Lampu | | | 133 | | | |
| Total Konsumsi/hari | | | | | | 25,84 |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat penggunaan energi listrik untuk sistem penerangan di lantai 1 dengan jumlah lampu TL sebanyak 58 buah, lampu LHE (Hemat Energi) sebanyak 85 buah dan total lampu di lantai 1 sebanyak 133 buah dengan intensitas penyalaan yang berbeda berdasarkan fungsi dan penggunaanya. Total konsumsi energi listrik sistem penerangan lantai 1 adalah 25,84 kWh/hari.

Tabel 4.5. Lampu yang digunakan di Lantai 2 Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

| Nama Ruangan | Jenis Lampu | Jumlah (buah) | Jam Nyala | Daya (watt) | Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ruang Sirkulasi | Lampu TL | 48 | 12 | 40 | 18,43 |
| | LHE Inbow | 3 | 12 | 15 | 0,43 |
| Ruang Novel | Lampu TL | 5 | 12 | 40 | 1,92 |
| Koridor dan Tangga | LHE Inbow | 12 | 12 | 15 | 1,73 |
| Kamar Mandi 3 | LHE Outbow | 4 | 10 | 15 | 0,48 |
| Dapur | LHE Outbow | 1 | 12 | 15 | 0,14 |
| Ruang Referensi | Lampu TL | 14 | 12 | 40 | 5,38 |
| Ruang Pelayanan | Lampu TL | 2 | 12 | 40 | 0,77 |
| Ruang Pengolahan | Lampu TL | 7 | 12 | 40 | 2,69 |
| Ruang Server | Lampu TL | 2 | 24 | 40 | 1,54 |
| Ruang Restorasi | Lampu TL | 4 | 12 | 40 | 1,54 |
| Seksi Pengembangan | Lampu TL | 2 | 12 | 40 | 0,77 |
| Kamar Mandi 4 | LHE Outbow | 4 | 10 | 15 | 0,48 |
| **Total Jumlah Lampu** | | **108** | | | |
| **Total Konsumsi/hari (kWh)** | | | | | **36,29** |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat penggunaan energi listrik untuk sistem penerangan di lantai 2 dengan jumlah lampu TL sebanyak 84 buah, lampu LHE (hemat Energi) sebanyak 24 buah dan total lampu di lantai 2 sebanyak 108 buah dengan intensitas penyalaan yang berbeda berdasarkan fungsi dan penggunaanya. Total konsumsi energi listrik sistem penerangan lantai 1 adalah 38,02 kWh/hari. Dan total konsumsi energi penerangan adalah : 25,84 + 36,29 = 62,13 kWh/hari

### 4.3.4. Konsumsi Energi Listrik Sistem Pendingin Udara *(AC)*

Pemakaian energi listrik untuk sistem pendingin udara di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang cukup besar dari total pemakaian energi listriknya. Penggunaan AC yang hemat dapat mengurangi pemakaian energi listrik dan meningkatkan efisiensi. Dari survey yang telah dilakukan terdapat beberapa penggunaan AC yang kurang tepat seperti ditunjukkan pada Gambar

(a)

(b)

Gambar 4.6. Contoh Pemborosan Penggunaan AC di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
Sumber : Hasil Pengamatan

Gambar 4.6. (a) menunjukkan penggunaan AC di ruang Restorasi yang ketika AC digunakan jendela masih dalam keadaan terbuka. Gambar 4.8 (b) menunjukkan penggunaan AC di ruang Audio dan Pengadaan yang ketika AC digunakan pintu ruangan masih dalam keadaan terbuka. Ketika menggunakan AC tetapi jendela dan pintu masih dalam keadaan terbuka maka udara panas dari luar akan masuk ke ruangan sehingga menyebabkan AC bekerja lebih tinggi untuk mendinginkan temperature di ruangan tersebut.

Penggunaan AC yang tidak tepat dapat menyebabkan pemborosan energi listrik. Peran serta sumber daya manusia berperan penting dalam melakukan penghematan energi listrik. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mematikan lampu ketika ruangan tidak dipakai dan menutup jendela ketika menyalakan AC. Penghematan sekecil apapun dapat mengurangi tingkat konsumsi energi listrik yang berlebihan. Selain itu konservasi pemakaian energi listrik juga perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat konsumsi energi listrik setiap tahunnya.

Penggunaan AC untuk masing-masing ruangan digunakan jenis dan kemampuan AC yang berbeda sesuai dengan kebutuhannya agar tidak terjadi pemborosan. Besarnya tingkat konsumsi energi listrik AC dipengaruhi oleh total daya AC, jam operasi dan jumlah AC tersebut. Untuk menghitung konsumsi energi listrik AC seperti pada ruang Ken Arok dengan AC 1 PK 2 buah, daya (p)= 70 watt, jam nyala (t) = 8 jam dan *cos* $\varphi$ sebesar 0,95 (hasil pengukuran) maka dapat dihitung dengan cara :

Contoh perhitungan Konsumsi listrik lampu/hari = (p x *cos φ* x t) n

= (770 x 0,95 x 8) x 2

= 2,93 kWh/hari

Dengan cara yang sama didapatkan hasil konsumsi energi listrik penerangan per hari lantai 1 dan 2 seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Penggunaan Energi Listrik Beban AC.

| Nama Ruangan | Jumlah (buah) | Spesifikasi | | | Jam Nyala | Total Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PK | Daya (watt) | Merk | | |
| R. Ken Arok | 2 | 1 | 770 | LG | 2 | 2,93 |
| R. Baca Anak | 4 | 1 | 970 | Saijo | 6 | 22,12 |
| R. Tata Usaha | 1 | 1 | 970 | Saijo | 8 | 7,37 |
| R. Ka. Kantor | 1 | 1 | 970 | Saijo | 4 | 3,69 |
| Ruang Tamu | 1 | 1 | 1050 | Honshu | 2 | 2,00 |
| *Hall & Receptionist* | 4 | 2 | 1.780 | LG | 6 | 40,58 |
| Audio/Pengadaan | 3 | 1 | 770 | LG | 6 | 13,17 |
| Ruang Restorasi | 1 | 1 | 770 | LG | 8 | 5,85 |
| R. Pengolahan | 2 | 1 | 930 | Samsung | 8 | 14,14 |
| Ruang Server | 1 | 1 | 930 | Samsung | 24 | 21,20 |
| R. Pelayanan | 1 | 1 | 930 | Samsung | 8 | 7,07 |
| R.Pengembangan | 1 | 1 | 770 | LG | 8 | 5,85 |
| Ruang Referensi | 3 | 1 | 1050 | Honshu | 6 | 17,96 |
| Ruang Novel | 1 | 2 | 1.780 | LG | 8 | 13,53 |
| Ruang Sirkulasi | 1 | 4 | 3.200 | International | 4 | 6,08 |
| | 2 | 1 | 930 | Samsung | 8 | 10,60 |
| | 4 | 2 | 1.780 | LG | 8 | 40,58 |
| TOTAL | | | | | | 234,71 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Table 4.6 dapat dilihat bahwa pemakaian daya AC di lantai 1 sebanyak 7 ruangan dan lantai 2 sebanyak 8 ruangan. Total konsumsi energi AC adalah 234,71 kWh/hari. Jika dibandingkan dengan data pengukuran pada kWh meter AC maka tidak jauh berbeda yaitu 232,42 kWh/hari. Nilai ini berdasarkan penggunaan daya yang maksimum dari AC sehingga dapat berubah sesuai dengan penggunaan jam nyala maupun suhu yang digunakan AC tersebut.

### 4.3.5. Konsumsi Energi Listrik Beban Lain – Lain.

Pemakaian energi listrik untuk beban lain-lain juga cukup besar sehingga sangat mempengaruhi terhadap total energi yang dikonsumsi tiap bulannya. Pola konsumsi energi listrik untuk beban lain-lain dipengaruhi oleh daya dan jam nyala dari perangkat listrik itu sendiri.

Konsumsi energi listrik beban lain-lain dapat dihitung seperti pada beban komputer di ruang Server (n) = 4 buah dengan daya (p) = 154 watt, jam nyala (t) = 24 jam dan *cos φ* 0,80 (hasil pengukuran) dengan cara :

Konsumsi listrik komputer = (p x *cos φ* x t) x n

= (154 x 0,80 x 24) x 4 = 12,57 kWh/hari

Tabel 4.7. Penggunaan Energi Listrik Beban Lain – Lain.

| No | Nama Perangkat | Daya (watt) | Jam Nyala | Jumlah (buah) | Konsumsi /hari (kWh) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Komputer | 154 | 24 | 4 | 12,57 | Ruang Server |
| | | | 8 | 2 | 2,09 | *Hall & Receptionist* |
| | | | 8 | 2 | 2,09 | Ruang Pantry |
| | | | 8 | 2 | 2,09 | R. Audio/Pengadan |
| | | | 8 | 1 | 1,05 | Kantor Kepala |
| | | | 8 | 3 | 3,14 | Tata Usaha |
| | | | 8 | 2 | 2,09 | R. Pelayanan |
| | | | 12 | 2 | 3,14 | R. Pengolahan |
| | | | 12 | 4 | 6,28 | R. Sirkulasi |
| | | | 8 | 2 | 2,09 | R. Pengembangan |
| 2 | UPS | 400 | 24 | 2 | 16,32 | Ruang Server |
| 3 | Televisi | 150 | 12 | 1 | 1,53 | *Hall & Receptionist* |
| | | | 8 | 1 | 1,02 | Ruang Baca Anak |
| 4 | Mesin Fotokopi | 550 | 8 | 2 | 7,48 | Ruang Restorasi |
| 5 | Printer | 75 | 8 | 2 | 1,02 | *Hall & Receptionist* |
| | | | 8 | 2 | 1,02 | R. Audio & Pengadaan |
| | | | 8 | 2 | 1,02 | R. Tata Usaha |
| | | | 12 | 1 | 0,77 | R. Sirkulasi |
| | | | 8 | 2 | 1,02 | Ruang Pelayanan |
| | | | 12 | 1 | 0,77 | Ruang Pengolahan |
| | | | 8 | 1 | 0,51 | Ruang Pantry |
| | | | 8 | 1 | 0,51 | Kantor Kepala |
| | | | 8 | 1 | 0,51 | R. Pengembangan |
| TOTAL | | | | | 70,14 | |

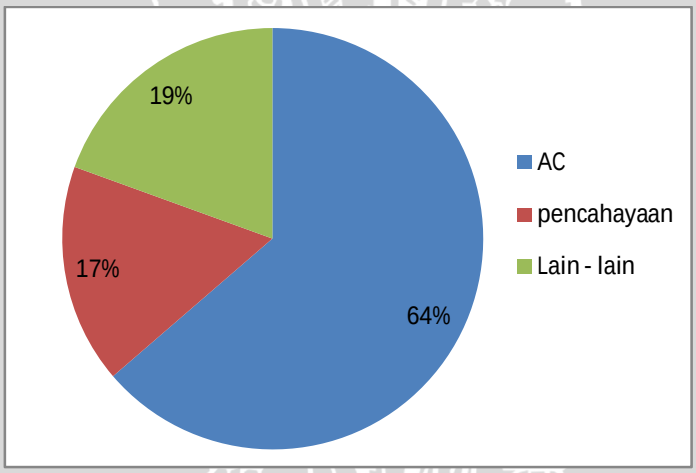
Sumber : Hasil Pengamatan.

Tabel 4.7 menunjukkan penggunaan energi listrik untuk beban lain – lain baik di lantai 1 maupun lantai 2 gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. Beban lain – lain tersebut meliputi perangkat komputer, UPS, televisi, mesin fotokopi, dan printer adalah beban yang menyumbang konsumsi daya listrik terbesar untuk kategori beban listrik lain – lain. Total konsumsi energi listrik beban lain-lain adalah 70,14 kWh/hari.

Dari data analisa dan perhitungan pemakaian energi listrik lantai 1 dan lantai 2 gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang selama satu hari diperoleh konsumsi energi listrik sebagai berikut :

- Pemakaian AC : 234,71 kWh/hari
- Pemakaian penerangan : 62,13 kWh/hari
- Pemakaian Lain - lain : 70,14 kWh/hari

Jika digambarkan dalam bentuk *pie chard* akan diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.




Gambar 4.7. Diagram Prosentase Pemakaian Energi Listrik di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.
Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari prosentase diatas dapat diketahui konsumsi energi listrik terbanyak adalah penggunaan sistem pendingin udara (AC) dengan prosentase 64%, kemudian yang kedua yaitu beban lain-lain 19% dan sistem penerangan sebesar 17%. Berdasarkan analisis diatas maka prioritas utama dalam melakukan penghematan energi listrik adalah pada sistem pendingin udara (AC) dan sistem penerangan.

Untuk pemakaian beban lain-lain mayoritas merupakan beban-beban utama dengan jam penggunaan yang tinggi seperti komputer, UPS, printer, mesin fotokopi. Sehingga penghematan yang dilakukan adalah pada sistem pendingin udara dan penerangan.

Upaya penghematan yang dilakukan yaitu :

f. Memaksimalkan peran sumber daya manusia untuk meningkatkan penghematan energi listrik khususnya penggunaan lampu dan AC.
g. Penggunaan lampu *Light Emitting Diode* (LED) sebagai pengganti lampu TL dan lampu LHE.
h. Melakukan penggantian AC konvensional lama yang usianya lebih dari 5 tahun dengan AC hemat energi teknologi inverter.
i. Menggunakan AC dengan suhu 24°C – 27°C untuk ruang kerja dan untuk ruang transit (*lobby*, koridor) 27°C – 30°C sesuai yang telah direkomendasikan oleh Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, No.12 tahun 2012.

## 4.4. Analisis Intensitas Penerangan

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Intensitas pencahayaan yang sesuai dengan standar sangat penting untuk kenyamanan dalam melakukan kegiatan dalam suatu ruangan.

Untuk menentukan tingkat pencahayaan rata-rata pada ruangan, yaitu dengan melakukan pengukuran menggunakan *Fluks meter*. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui apakah nilai intensitas pencahayaan suatu ruangan tersebut sesuai dengan standar yang ada. Dari hasil pengukuran didapat data pencahayaan di setiap titik dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.8. Data Pengukuran Intensitas Pencahayaan Lantai 1.

| Lantai 1 | | Titik Pengukuran | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **Nama Ruangan** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** |
| 1 | Ruang Ken Arok | 250 | 220 | 290 | 390 | 410 | 315 | 200 | 310 | 320 |
| 2 | Ruang Hall | 95 | 90 | 80 | 130 | 125 | 135 | 95 | 120 | - |
| 3 | Koridor dan Tangga | 60 | 65 | 75 | 75 | 80 | 100 | 80 | 70 | - |
| 4 | *Pantry* | 100 | 220 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Kamar Mandi 1 | 150 | 120 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | R. Audio/Pengadaan | 260 | 280 | 280 | 270 | 280 | 270 | 260 | - | - |
| 7 | Ruang Tamu | 220 | 190 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Kantor Kepala | 200 | 185 | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | Ruang Tata Usaha | 180 | 280 | 270 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ruang Baca Anak | 220 | 200 | 210 | 240 | 250 | 230 | 270 | 260 | 210 |
| 11 | Ruang ME | 140 | 175 | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | Mushola | 110 | 110 | 120 | 140 | - | - | - | - | - |
| 13 | Kantin | 180 | 140 | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | Dapur | 65 | 90 | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | Kamar Mandi 2 | 260 | 245 | - | - | - | - | - | - | - |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Tabel 4.9. Data Pengukuran Intensitas Pencahayaan Lantai 2.

| Lantai 2 | | Titik Pengukuran | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **Nama Ruangan** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** |
| 1 | Ruang Sirkulasi | 180 | 220 | 230 | 220 | 200 | 175 | 220 | 205 | 180 |
| | | 250 | 300 | 180 | 320 | 300 | 290 | 300 | 280 | 290 |
| 2 | Koridor dan Tangga | 90 | 135 | 70 | 65 | 70 | - | - | - | - |
| 3 | Kamar Mandi 3 | 215 | 290 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | Dapur | 65 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | Ruang Referensi | 190 | 190 | 160 | 160 | 240 | 270 | 215 | 260 | |
| 6 | Ruang Novel | 460 | 440 | 400 | 305 | 300 | - | - | - | - |
| 7 | Ruang Pelayanan | 280 | 260 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Ruang Pengolahan | 400 | 290 | 280 | 235 | - | - | - | - | - |
| 9 | Ruang Server | 400 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | Ruang Restorasi | 275 | 390 | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | Ruang Pengembangan | 190 | 290 | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | Kamar Mandi 4 | 215 | 290 | - | - | - | - | - | - | - |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 pengukuran intensitas pencahayaan dilakukan dengan penentuan titik–titik pengukuran mulai dari 1 titik sampai 18 titik pengukuran. Dari data hasil pengukuran intensitas pencahayaan tersebut terdapat ruangan yang cukup luas sehingga diperlukan jumlah titik pengukuran lebih dari 9 titik, seperti ruang Sirkulasi lantai 2. Untuk ruang yang tidak terlalu luas hanya diperlukan sekitar dua atau satu titik pengukuran seperti dapur dan kamar mandi.

Contoh perhitungan kuat pencahayaan rata – rata ruang Ken Arok :

$$E_{rata\text{-}rata} = \frac{\sum_{x=1}^{n} Ex}{n}$$

$$= \frac{250+220+290+390+410+400+315+310+320}{9}$$

= 322,78 lux (memenuhi standar SNI 03-6575-2001)

Untuk hasil lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Perbandingan Hasil Pengukuran Ruangan Lantai 1 Dengan Standar SNI 03-6575-2001.

| **Nama Ruangan** | **Intensitas Penerangan (lux)** | | **Kekurangan Intensitas Penerangan (lux)** | **Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)** |
|---|---|---|---|---|
| | **Pengukuran** | **Standar** | | |
| Ruang Ken Arok | 300,56 | 300 | - | memenuhi |
| *Hall & Receptionist* | 108,75 | 300 | 191,25 | tidak memenuhi |
| Koridor dan Tangga | 75,63 | 100 | 24,38 | tidak memenuhi |
| *Pantry* | 160 | 350 | 190,00 | tidak memenuhi |
| Kamar Mandi 1 | 135 | 250 | 115,00 | tidak memenuhi |
| Audio/Pengadaan | 271,43 | 350 | 78,57 | tidak memenuhi |
| Ruang Tamu | 205 | 250 | 45 | tidak memenuhi |
| Kantor Kepala | 192,5 | 350 | 157,5 | tidak memenuhi |
| R. Tata Usaha | 243,33 | 350 | 106,67 | tidak memenuhi |
| R. Baca Anak | 232,22 | 300 | 67,78 | tidak memenuhi |
| Ruang ME | 157,5 | 150 | - | memenuhi |
| Mushola | 120 | 200 | 80,00 | tidak memenuhi |
| Kantin | 160 | 200 | 40,00 | tidak memenuhi |
| Dapur | 77,5 | 250 | 172,50 | tidak memenuhi |
| Kamar Mandi 2 | 252,5 | 250 | - | memenuhi |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4.10 diketahui bahwa terdapat 12 ruangan dari 17 ruangan di lantai 1 yang tingkat pencahayaannya masih belum sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001. Seperti pada ruang *Hall & Receptionist* memiliki intensitas pencahayaan 108,75 lux dimana kekurangan intensitas cahayanya mencapai 191,25 lux dan jauh dari standarnya yaitu 300 lux. Dari hasil pengukuran hanya 4 ruang yang intensitas pencahayaannya memenuhi standar.

Tabel 4.11. Perbandingan Hasil Pengukuran Ruangan Lantai 2 Dengan Standar SNI 03-6575-2001.

| Nama Ruangan | Intensitas Penerangan (lux) | | Kekurangan Intensitas Penerangan (lux) | Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar) |
|---|---|---|---|---|
| | Pengukuran | Standar | | |
| Ruang Sirkulasi | 241,11 | 300 | 59 | tidak memenuhi |
| Koridor dan Tangga | 86 | 100 | 14 | tidak memenuhi |
| Kamar Mandi 3 | 252,5 | 250 | - | memenuhi |
| Dapur | 65 | 250 | 185 | tidak memenuhi |
| Ruang Referensi | 210,63 | 300 | 89 | tidak memenuhi |
| Ruang Novel | 381 | 300 | - | memenuhi |
| Ruang Pelayanan | 270 | 350 | 80 | tidak memenuhi |
| Ruang Pengolahan | 301,25 | 350 | 49 | tidak memenuhi |
| Ruang Server | 400 | 350 | - | memenuhi |
| Ruang Restorasi | 332,5 | 350 | 18 | tidak memenuhi |
| R.Si Pengembangan | 240 | 350 | 110 | tidak memenuhi |
| Kamar Mandi 4 | 252,5 | 250 | - | memenuhi |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.11 diketahui bahwa terdapat 8 ruangan dari 12 ruangan di lantai 2 yang memiliki kekurangan intensitas penerangan yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001. Oleh karena itu diperlukan penambahan tingkat pencahayaan dengan penambahan jumlah lampu atau penggantian lampu dengan kuat pencahayaan yang lebih besar agar ruangan tersebut sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

### 4.5. Pemenuhan Standar Pencahayaan

Dari hasil analisis sebelumnya terdapat 16 ruangan yang tingkat pencahayaannya tidak sesuai standar SNI 03-6575-2001, maka dengan

penambahan jumlah lampu dan penggantian lampu TL dan lampu LHE dengan lampu *LED* dapat menghemat pemakaian energi listrik sekaligus memenuhi standar pencahayaan. Dalam perencanaan ini digunakan lampu LED *tube* 18 watt merk Kingled dan lampu LED 9 watt E27 merk Bogdan. Untuk spesifikasi lampu lebih lengkapnya lihat di lampiran.

Sebagai contoh perhitungan ruang *Hall & Receptionist* dengan luas 104 $m^2$ dan tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan ($E$) = 300 *lux* (standar SNI 03-6575-2001) menggunakan lampu LED *tube* 18 watt dengan 1600 lumens. Sebelumnya ruang *Hall & Receptionist* menggunakan lampu TL *Flourescent* 40 watt 15 buah dan lampu LHE *downlight* 15 watt E27 5 buah, maka perhitungannya menggunakan persamaan (2-8) adalah :

$$F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}(lumen)$$

Dimana :

$E_{rata\text{-}rata}$ = Tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

$F_{total}$ = Fluks luminous total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen).

A = Luas bidang kerja ($m^2$)

$k_p$ = Koefisien penggunaan

$k_d$ = Koefisien depresiasi (penyusutan)

$N_{total}$ = Jumlah armatur

$F_1$ = Fluks luminous satu buah lampu

n = Jumlah lampu dalam satu armatur

Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik dan factor pengotoran ringan koefisien depresiasi diambil sebesar 0,94 (lampiran).

Koefisien penggunaan untuk lampu *downlight* = 0,71, lampu *outbow* = 0,77 dan untuk lampu TL dengan armature tipe *acrylic lensend troffer* = 0,81 (lampiran).

$$F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}(lumen)$$

$$= \frac{300 \times 104}{0{,}95 \times 0{,}8}$$

$$= 41052{,}6 \text{ lumen}$$

Jumlah titik lampu ($n$) $= \frac{F_{total}}{F_1}$

$= \frac{41052,6}{1600}$ $= 25,66 \approx 26$ titik lampu

Nilai – nilai koefisien penggunaan (kp) dan $F_1$ diperoleh dari Tabel produk lampu yang terdapat pada lampiran. Nilai koefisien depresiasi (kd) adalah sebesar 0,8, nilai ini didasarkan pada standar SNI 03-6575-2001 tentang tingkat pencahayaan buatan. Sedangkan pemilihan lampu dipilih berdasarkan Tabel 2.2 tentang tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan.

Jadi dari hasil perhitungan jumlah lampu yang direncanakan sesuai standar SNI yaitu 40 buah lampu dan menggunakan lampu *LED* 18 watt dengan F1 = 1600 lumen. Pilihan ini berdasarkan Tabel 2.2, dari Tabel tersebut dapat diketahui bahwa untuk ruang *Hall & Receptionist* dapat dikategorikan sebagai ruang perpustakaan dalam lembaga pendidikan dengan tingkat pencahayaan minimum yang dibutuhkan yaitu 300 lux dan kelompok renderasi warna (Ra) yang direkomendasikan adalah kelompok 1 atau 2. Kelompok renderasi warna 1 merupakan kelompok dengan nilai Ra > 85, dan kelompok renderasi warna 2 adalah kelompok dengan nilai renderasi 70 < Ra < 85, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Dari katalog produk lampu LED *tube* merk *Kingled* yang terdapat dalam lampiran, lampu mempunyai temperatur warna 6000 – 7000 kelvin dan termasuk dalam kategori tampak warna dingin atau *Cool White*. Semakin tinggi tingkat pencahayaan yang diprlukan maka makin sejuk warna lampu yang harus dipilih sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman, sesuai dengan stardar SNI 03-6575-2001. Lampu LED *tube* 18 watt merk *Kingled* mempunyai renderasi warna Ra>85, dan sesuai dengan yang direkomendasikan oleh SNI untuk ruang perpustakaan.

Dengan cara perhitungan yang sama didapatkan jumlah titik lampu untuk setiap ruangan di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang. Untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.13, Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4.12. Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai 1.

| Ruangan | kp | kd | E (lux) | A ($m^2$) | $F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}$ | F1 (lumen) | $n = \frac{F_{total}}{F_1}$ | n (buah) | Lampu LED |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ruang Ken Arok | 0,88 | 0,84 | 300 | 86 | 34902,60 | 1600 | 21,81 | 22 | 18 watt |
| *Hall & Receptionist* | 0,88 | 0,84 | 300 | 118,5 | 48092,53 | 1600 | 30,06 | 30 | 18 watt |
| Koridor dan Tangga | 0,71 | 0,84 | 100 | 25,44 | 4265,59 | 800 | 5,33 | 5 | 9 watt |
| *Pantry* | 0,88 | 0,84 | 350 | 9 | 4261,36 | 1600 | 2,66 | 3 | 18 watt |
| Kamar Mandi 1 | 0,77 | 0,84 | 250 | 9 | 3478,66 | 800 | 4,35 | 4 | 9 watt |
| Audio/Pengadaan | 0,88 | 0,84 | 350 | 67 | 31723,48 | 1600 | 19,83 | 20 | 18 watt |
| Ruang Tamu | 0,88 | 0,84 | 250 | 17 | 5749,46 | 1600 | 3,59 | 4 | 18 watt |
| Kantor Kepala | 0,88 | 0,84 | 350 | 9 | 4261,36 | 1600 | 2,66 | 3 | 18 watt |
| Ruang Tata Usaha | 0,88 | 0,84 | 350 | 13,8 | 6534,09 | 1600 | 4,08 | 4 | 18 watt |
| Ruang Baca Anak | 0,88 | 0,84 | 300 | 71,88 | 29172,08 | 1600 | 18,23 | 18 | 18 watt |
| Ruang ME | 0,71 | 0,84 | 150 | 8 | 2012,07 | 800 | 2,52 | 3 | 9 watt |
| Mushola | 0,71 | 0,84 | 200 | 12 | 4024,14 | 800 | 5,03 | 5 | 9 watt |
| Kantin | 0,77 | 0,84 | 200 | 8,96 | 2770,56 | 800 | 3,46 | 3 | 9 watt |
| Dapur | 0,77 | 0,84 | 250 | 6,72 | 2597,40 | 800 | 3,25 | 3 | 9 watt |
| Kamar Mandi 2 | 0,77 | 0,84 | 250 | 8,4 | 3246,75 | 800 | 4,06 | 4 | 9 watt |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Tabel 4.13. Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai 2.

| Ruangan | kp | kd | E (lux) | A ($m^2$) | $F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}$ | F1 (lumen) | $n = \frac{F_{total}}{F_1}$ | n (buah) | Lampu LED |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ruang Sirkulasi | 0,88 | 0,84 | 300 | 303,6 | 123214,29 | 1600 | 77,01 | 77 | 18 watt |
| Koridor dan Tangga | 0,71 | 0,84 | 100 | 25,44 | 4265,59 | 800 | 5,33 | 5 | 9 watt |
| Kamar Mandi 3 | 0,77 | 0,84 | 250 | 9 | 3478,66 | 800 | 4,35 | 4 | 9 watt |
| Dapur | 0,77 | 0,84 | 250 | 7,5 | 2898,89 | 800 | 3,62 | 4 | 9 watt |
| Ruang Referensi | 0,71 | 0,84 | 300 | 67 | 33702,21 | 1600 | 21,06 | 21 | 18 watt |
| Ruang Novel | 0,71 | 0,84 | 300 | 26 | 13078,47 | 1600 | 8,17 | 8 | 18 watt |
| R. Seksi Pelayanan | 0,71 | 0,84 | 350 | 10,4 | 6103,29 | 1600 | 3,81 | 4 | 18 watt |
| Ruang Pengolahan | 0,71 | 0,84 | 350 | 36,72 | 21549,30 | 1600 | 10,46 | 10 | 18 watt |
| Ruang Server | 0,71 | 0,84 | 350 | 5,76 | 3380,28 | 1600 | 2,11 | 2 | 18 watt |
| Ruang Restorasi | 0,71 | 0,84 | 350 | 18,36 | 10774,65 | 1600 | 6,73 | 7 | 18 watt |
| R.Seksi Pengembangan | 0,71 | 0,84 | 350 | 12 | 7042,25 | 800 | 6,47 | 6 | 9 watt |
| Kamar Mandi 4 | 0,77 | 0,84 | 250 | 9 | 3478,66 | 800 | 4,35 | 4 | 9 watt |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Tabel 4.14. Perhitungan Jumlah Lampu Yang Dibutuhkan Untuk Lantai 3.

| Ruangan | kp | kd | E (lux) | A (m²) | $F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd}$ | F1 (lumen) | $n = \frac{F_{total}}{F_1}$ | n (buah) | Lampu LED |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hall | 0,88 | 0,84 | 300 | 232 | 94155,84 | 1600 | 58,85 | 59 | 18 watt |
| Mushola | 0,77 | 0,84 | 200 | 12 | 3710,58 | 800 | 4,64 | 5 | 9 watt |
| Kamar Mandi 5 | 0,77 | 0,84 | 250 | 8,4 | 3246,75 | 800 | 4,06 | 4 | 9 watt |
| Gudang | 0,77 | 0,84 | 150 | 12 | 2782,93 | 800 | 3,48 | 3 | 9 watt |
| Dapur | 0,77 | 0,84 | 250 | 12 | 4638,22 | 800 | 5,80 | 6 | 9 watt |
| Ruang Arsip 1 | 0,77 | 0,84 | 300 | 42,48 | 19703,15 | 800 | 24,63 | 25 | 9 watt |
| Kamar Mandi 6 | 0,77 | 0,84 | 250 | 8,4 | 3246,75 | 800 | 4,06 | 4 | 9 watt |
| Koridor | 0,77 | 0,84 | 150 | 25,44 | 3933,21 | 800 | 4,92 | 5 | 9 watt |
| Ruang Arsip 2 | 0,77 | 0,84 | 150 | 67 | 15538,03 | 800 | 19,42 | 19 | 9 watt |
| Ruang Arsip 3 | 0,77 | 0,84 | 150 | 18,36 | 4257,88 | 800 | 5,32 | 5 | 9 watt |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.12, Tabel 4.13, dan Tabel 4.14 tersebut didapatkan hasil penambahan jumlah lampu yang dibutuhkan dan pemenuhan standar SNI 03-6575-2001 tentang tingkat pencahayaan minimum yang dibutuhkan dalam suatu ruangan. Setelah didapatkan jumlah lampu dan tingkat pencahayaan yang sesuai standar, maka perlu dihitung daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan. Contoh seperti perhitungan pada ruang Ken Arok adalah sebagai berikut :

Daya pencahayaan (watt/m$^2$) : $= \frac{P}{A}$

$= \frac{378}{86}$ = 4,60 watt/m$^2$

Tabel 4.15. Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 1.

| Ruangan | Jumlah Lampu | Daya (watt) | Total Daya (watt) | Luas (m$^2$) | Standar SNI Pencahayaan maksimum (watt/m$^2$) | Daya Pencahayaan Maksimum (watt/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ruang Ken Arok | 22 | 18 | 396 | 86 | 25 | 4,60 |
| *Hall & Receptionist* | 30 | 18 | 540 | 118,5 | 25 | 4,56 |
| Koridor & Tangga | 5 | 9 | 45 | 25,44 | 10 | 1,77 |
| *Pantry* | 3 | 18 | 54 | 9 | 15 | 6,00 |
| R.Audio/Pengadaan | 20 | 18 | 360 | 67 | 15 | 5,37 |
| Ruang Tamu | 4 | 18 | 72 | 17 | 15 | 4,24 |
| Kantor Kepala | 3 | 18 | 54 | 9 | 15 | 6,00 |
| Ruang Tata Usaha | 4 | 18 | 72 | 13,8 | 15 | 5,22 |
| Ruang Baca Anak | 18 | 18 | 324 | 71,88 | 15 | 4,51 |
| Ruang ME | 3 | 9 | 27 | 8 | 15 | 3,38 |
| Mushola | 5 | 9 | 45 | 12 | 15 | 3,75 |
| Kantin | 3 | 9 | 27 | 8,96 | 15 | 3,01 |
| Dapur | 3 | 9 | 27 | 6,72 | 15 | 4,02 |

Sumber : Hasil Pengukuran

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dari setiap ruangan di lantai 1 gedung Perpustakaan dan Arsip Daerah Kota Malang masih sesuai standar untuk daya listrik maksimum pencahayaan yang diijinkan.

Tabel 4.16. Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 2.

| Ruangan | Jumlah Lampu | Daya (watt) | Total Daya (watt) | Luas ($m^2$) | Standar SNI Pencahayaan maksimum (watt/$m^2$) | Daya Pencahayaan Maksimum (watt/$m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ruang Sirkulasi | 77 | 18 | 1386 | 303,6 | 25 | 4,57 |
| Koridor & Tangga | 5 | 9 | 45 | 25,44 | 10 | 1,77 |
| Dapur | 4 | 9 | 36 | 7,5 | 15 | 4,80 |
| Ruang Referensi | 21 | 18 | 378 | 67 | 15 | 5,64 |
| Ruang Novel | 8 | 18 | 144 | 26 | 15 | 5,54 |
| R. Seksi Pelayanan | 4 | 18 | 72 | 10,4 | 15 | 6,92 |
| Ruang Pengolahan | 10 | 18 | 180 | 36,72 | 15 | 4,90 |
| Ruang Server | 2 | 18 | 36 | 5,76 | 15 | 6,25 |
| Ruang Restorasi | 7 | 18 | 126 | 18,36 | 15 | 6,86 |
| R.Seksi Pengembangan | 6 | 9 | 54 | 12 | 15 | 4,50 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.16 dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dari setiap ruangan di lantai 2 gedung Perpustakaan dan Arsip Daerah Kota Malang masih sesuai standar untuk daya listrik maksimum pencahayaan yang diijinkan.

Tabel 4.17. Daya Listrik Maksimum Untuk Pencahayaan Lantai 3.

| Ruangan | Jumlah Lampu | Daya (watt) | Total Daya (watt) | Luas ($m^2$) | Standar SNI Pencahayaan maksimum (watt/$m^2$) | Daya Pencahayaan Maksimum (watt/$m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hall | 59 | 18 | 1062 | 232 | 25 | 4,58 |
| Mushola | 5 | 9 | 45 | 12 | 15 | 3,75 |
| Gudang | 3 | 9 | 27 | 12 | 15 | 2,25 |
| Dapur | 6 | 9 | 54 | 12 | 15 | 4,50 |
| Ruang Arsip | 25 | 9 | 225 | 42,48 | 15 | 5,30 |
| Koridor & Tangga | 4 | 9 | 36 | 25,44 | 10 | 1,42 |
| Gudang Arsip 1 | 19 | 9 | 171 | 67 | 5 | 2,55 |
| Gudang Arsip 2 | 5 | 9 | 45 | 18,36 | 5 | 2,45 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dari setiap ruangan di lantai 3 gedung Perpustakaan dan Arsip Daerah Kota Malang masih sesuai standar untuk daya listrik maksimum pencahayaan yang diijinkan.

## 4.6. Perhitungan Penghematan

### 4.6.1. Penghematan Sistem Pencahayaan

Pada sistem pencahayaan di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang masih banyak yang belum sesuai dengan standar SNI, dimana untuk tingkat pencahayaan minimum yang dibutuhkan masih kurang, sehingga perlu penambahan jumlah lampu. Untuk penghematannya dilakukan penggantian lampu TL 40 watt dengan lampu LED *tube* 18 watt dan LHE 15 watt dengan lampu LED *bulb* 9 watt. Perhitungan penghematan dilakukan untuk lantai 1 dan lantai 2, sedangkan untuk lantai 3 tidak dihitung karena lantai 3 konsumsi energi listriknya nol atau tidak pernah dipakai selama tahun 2013.

Contoh perhitungan pada ruang Ken Arok = (p x $cos\ \varphi$ x t) x n

= (18 x 0,80 x 4) x 22

= 1,27 kWh/hari

Tabel 4.18. Total Konsumsi Energi Listrik Penerangan per Hari Setelah Dilakukan Penghematan dan Pemenuhan Standar SNI Untuk Lantai 1.

| No | Ruangan | Daya lampu (watt) | Jam nyala | Konsumsi /hari (kWh) | Jumlah (buah) | Total konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ruang Ken Arok | 18 | 4 | 0,06 | 22 | 1,27 |
| 2 | *Hall & Receptionist* | 18 | 12 | 0,17 | 30 | 5,18 |
| 3 | Koridor &Tangga | 9 | 24 | 0,17 | 5 | 0,86 |
| 4 | *Pantry* | 18 | 8 | 0,12 | 3 | 0,35 |
| 5 | Kamar Mandi 1 | 9 | 10 | 0,07 | 4 | 0,29 |
| 6 | Audio/Pengadaan | 18 | 12 | 0,17 | 20 | 3,46 |
| 7 | Ruang Tamu | 18 | 8 | 0,12 | 4 | 0,46 |
| 8 | Kantor Kepala | 18 | 8 | 0,12 | 3 | 0,35 |
| 9 | R. Tata Usaha | 18 | 8 | 0,12 | 4 | 0,46 |
| 10 | R. Baca Anak | 18 | 8 | 0,12 | 18 | 2,07 |
| 11 | Ruang ME | 9 | 2 | 0,01 | 3 | 0,04 |
| 12 | Mushola | 9 | 12 | 0,09 | 5 | 0,43 |
| 13 | Kantin | 9 | 8 | 0,06 | 3 | 0,17 |
| 14 | Dapur | 9 | 8 | 0,06 | 3 | 0,17 |
| 15 | Kamar Mandi 2 | 9 | 10 | 0,07 | 4 | 0,29 |
| 16 | Penerangan luar | 9 | 12 | 0,09 | 24 | 2,07 |
| | TOTAL | | | | | 17,93 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.18 dapat diketahui konsumsi energi listrik per hari untuk sistem penerangan lantai 1 yaitu 17,93 kWh/hari. Hasil tersebut merupakan perhitungan konsumsi energi listrik setelah dilakukan penggantian lampu TL dan LHE dengan lampu LED serta pemenuhan standar SNI untuk intensitas penerangannya.

Tabel 4.19. Total Konsumsi Energi Listrik Penerangan per Hari Setelah Dilakukan Penghematan dan Pemenuhan Standar SNI Untuk Lantai 2.

| No | Ruangan | Daya lampu (watt) | Jam nyala | Konsumsi /hari (kWh) | Jumlah (buah) | Total konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ruang Sirkulasi | 18 | 12 | 0,17 | 77 | 13,31 |
| 2 | Koridor & Tangga | 9 | 12 | 0,09 | 5 | 0,43 |
| 3 | Kamar Mandi 3 | 9 | 10 | 0,07 | 4 | 0,29 |
| 4 | Dapur | 9 | 12 | 0,09 | 4 | 0,35 |
| 5 | Ruang Referensi | 18 | 12 | 0,17 | 21 | 3,63 |
| 6 | Ruang Novel | 18 | 12 | 0,17 | 8 | 1,38 |
| 7 | R. Seksi Pelayanan | 18 | 12 | 0,17 | 4 | 0,69 |
| 8 | Ruang Pengolahan | 18 | 12 | 0,17 | 10 | 1,73 |
| 9 | Ruang Server | 18 | 24 | 0,35 | 2 | 0,69 |
| 10 | Ruang Restorasi | 18 | 12 | 0,17 | 7 | 1,21 |
| 11 | R.Seksi Pengembangan | 9 | 12 | 0,09 | 6 | 0,52 |
| 12 | Kamar Mandi 4 | 9 | 10 | 0,07 | 4 | 0,29 |
| | TOTAL | | | | | 24,51 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.19 dapat diketahui konsumsi energi listrik per hari untuk sistem penerangan lantai 2 yaitu 24,51 kWh/hari. Hasil tersebut merupakan perhitungan konsumsi energi listrik setelah dilakukan penggantian lampu TL dan LHE dengan lampu LED serta pemenuhan standar SNI untuk intensitas penerangannya.

Perbandingan total konsumsi energi listrik sistem penerangan sebelum dan setelah dilakukan penghematan dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Perbandingan Konsumsi Energi Listrik Penerangan Sebelum dan Setelah Dilakukan Penghematan.

| Ruangan | Total Konsumsi/hari (kWh) | | Penghematan per hari (kWh) | Total penghematan /bulan (kWh) |
|---|---|---|---|---|
| | Sebelum Penghematan | Setelah Penghematan | | |
| Lantai 1 | 25,84 | 17,93 | 7,91 | 237,3 |
| Lantai 2 | 36,29 | 24,51 | 11,78 | 353,4 |
| Total | 62,13 | 42,44 | 19,69 | 590,7 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.20 dapat diketahui bahwa besar penghamatan energi listrik sistem penerangan lantai 1 sebesar 7,91 kWh/hari atau 237,3 kWh/bulan dan lantai 2 sebesar 11,78 kWh/hari atau 353,4 kWh/bulan. Total penghematan sistem penerangan sebesar 19,69 kWh/hari atau 590,7 kWh/bulan.

Penghematan tersebut tidak terlalu besar dikarenakan banyak ruangan di lantai 1 dan 2 gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang yang masih belum sesuai dengan standar SNI sehingga perlu dilakukan penambahan jumlah lampu. Total konsumsi energi listrik penerangan setelah penghematan adalah 42,44 kWh/hari.

Tarif listrik pelanggan PLN dikategorikan ke dalam beberapa golongan :

1. R-3/TR, untuk Rumah Tangga besar, dengan daya 6600 VA ke atas
2. P-1/TR, untuk Kantor Pemerintah skala menengah, dengan daya 6600 VA sd 200 kVA
3. B-2/TR , untuk Bisnis skala menengah, dengan daya 6600 VA sd 200 kVA
4. B-3/TM, untuk Bisnis skala besar, dengan daya di atas 200 kVA.

Gedung Perpustakaan Umum Kota Malang merupkan gedung perkantoran milik pemerintah dan termasuk kategori pelanggan P-1 dengan tariff listrik Rp 1.352,00 per kWh.

Tabel 4.21. Biaya Operasional dan Penghematan Penerangan Per Tahun

| Sistem Penerangan | Satuan | Sebelum Penghematan | Setelah Penghematan |
|---|---|---|---|
| Konsumsi penerangan | kWh/hari | 62,13 | 42,44 |
| Tarif Listrik PLN | Rp/kWh | 1.352 | 1.352 |
| Biaya operasional per tahun | Rp | 21.419.938,00 | 14.631.614,00 |
| Penghematan per tahun | Rp | 0 | 6.788.324,00 |
| Penghematan dalam prosen | % | 0 | 31,69 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.21 tersebut dapat diketahui penghematan untuk sistem penerangan sebesar Rp 6.788.324,00 per tahun atau 31,69 % per tahun. Jika dilakukan perhitungan dengan pertimbangan biaya instalasinya maka dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22. Total Biaya Penggantian Lampu LED.

| Spesifikasi Lampu | Volume | Harga satuan (Rp) | Jumlah (Rp) |
|---|---|---|---|
| Lampu LED 9 w *bulb* | 40 | 50.000,00 | 2.000.000,00 |
| Lampu LED 18 w *tube* | 246 | 100.000,00 | 24.600.000,00 |
| Armatur lampu TL | 246 | 85.000,00 | 30.750.000,00 |
| Ongkos pemasangan titik lampu | 286 | 25.000,00 | 7.150.000,00 |
| Total | | | 64.500.000,00 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa total biaya instalai penggantian lampu sebesar Rp.64.500.000,00. Maka pengembalian biaya instalasi tersebut dapat dihitung dari total biaya dan total penghematan per tahunnya.

$$\text{Pengembalian biaya} = \frac{Total\ biaya\ instalasi}{Total\ \ penghemata\,m\ per\ tahun}$$

$$= \frac{Rp.64.500.000,00}{Rp.6.788.324,00\,/\,tahun}$$

$$= 9{,}5 \text{ tahun}$$

Maka investasi penggantian lampu LED gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang akan kembali setelah kurang lebih 9,5 tahun. Lama waktu kembali investasi tersebut salah satunya dikarenakan harga lampu LED yang jauh lebih mahal dibandingkan lampu TL ataupun lampu CFL.

### 4.6.2. Penghematan Pada Sistem Pendingin Udara (AC)

Pada sistem pendingin udara (AC) di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang ada beberapa AC yang usianya sudah tua lebih dari 5 tahun. Usia dari AC yang sudah tua dapat mengurangi kinerja dari AC tersebut, sehingga disarankan untuk dilakukan penggantian AC yang sudah berusia lebih dari 5 tahun dengan AC teknologi inverter yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi. Penggunaan suhu AC juga mempengaruhi konsumsi energinya, oleh

karena itu disarankan menggunakan AC dengan suhu antara 24°C – 27°C untuk ruang kerja, dan 27°C – 30°C untuk ruang transit (*lobby,* koridor) sesuai dengan standar yang telah direkomendasikan oleh Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia.

Tabel 4.23. Hasil Pengukuran Temperatur AC.

| **Nama Ruangan** | **Spesifikasi AC** | **Pengukuran Temperatur AC (°C)** | | | | | **Standar Temperatur (°C)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **JAM** | | **09.00** | **11.00** | **13.00** | **15.00** | **17.00** | |
| Ruang Ken Arok | LG | - | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| | LG | - | 18 | 18 | 18 | -- | 24 - 27 |
| Ruang Baca Anak | Saijo | | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| | Saijo | 20 | 18 | 18 | 20 | - | 24 - 27 |
| | Saijo | - | 18 | 18 | 19 | 19 | 24 - 27 |
| | Saijo | 21 | 18 | 18 | 19 | - | 24 - 27 |
| Ruang Tata Usaha | Saijo | 21 | 18 | 20 | 20 | | 24 - 27 |
| Ruang Ka. Kantor | Saijo | 20 | 20 | - | - | - | 24 - 27 |
| Ruang Tamu | Honshu | - | 20 | 20 | - | - | 24 - 27 |
| Hall | LG | 22 | 18 | 18 | 18 | 20 | 24 - 27 |
| | LG | 21 | 18 | 18 | 18 | 20 | 24 - 27 |
| | LG | 22 | 18 | 18 | 18 | 19 | 24 - 27 |
| | LG | - | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| Audio/Pengadaan | LG | 23 | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| | LG | 23 | 18 | 18 | 18 | 24 | 24 - 27 |
| | LG | - | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| Ruang Restorasi | LG | 20 | 18 | 18 | 18 | 18 | 24 - 27 |
| Ruang Pengolahan | Samsung | 20 | 17 | 17 | 17 | 17 | 24 - 27 |
| | Samsung | 20 | 16 | 16 | 16 | - | 24 - 27 |
| Ruang Server | Samsung | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 24 - 27 |
| R. Seksi Pelayanan | Samsung | 19 | 16 | 16 | 16 | - | 24 - 27 |
| R. Pengembangan | LG | 21 | 19 | 19 | 19 | 19 | 24 - 27 |
| Ruang Referensi | Honshu | 20 | 16 | 16 | 16 | - | 24 - 27 |
| | Honshu | - | 16 | 16 | 16 | 18 | 24 - 27 |
| | Honshu | 19 | 16 | 16 | 16 | - | 24 - 27 |
| Ruang Novel | LG | 19 | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| Ruang Sirkulasi | International | 20 | 17 | 17 | 17 | - | 24 - 27 |
| | Samsung | 24 | 16 | 16 | 16 | - | 24 - 27 |
| | Samsung | 20 | 16 | 16 | 16 | 21 | 24 - 27 |
| | LG | 21 | 18 | 18 | 18 | 22 | 24 - 27 |
| | LG | 20 | 18 | 18 | 18 | - | 24 - 27 |
| | LG | - | 18 | 18 | 18 | 18 | 24 - 27 |
| | LG | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 24 - 27 |

Sumber : Hasil Pengamatan.

Dari Tabel 4.23 dapat diketahui bahwa banyak penggunaan AC di Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang melebihi temperatur AC yang direkomendasikan oleh Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia yaitu 24°C – 27°C. Apabila AC dinyalakan dengan suhu 24°C – 27°C maka kompresor akan bekerja memompa gas freon dari unit *outdor* ke unit *evaporator* di *indoor* untuk kemudian dihembuskan angin oleh kipas ke dalam ruangan. Kemudian komputer di unit indor AC akan memberitahukan sensor termometer atau *termostat* di unit *indoor* AC agar suhu tersebut dapat sama dengan suhu yang tertera di *remote* AC. Apabila suhu di *remote* di setting 24°C dan suhu ruangan sudah mencapai 24°C maka kompresor AC akan mati dan di ruangan hanya akan menyemburkan angin saja karena gas *freon* tidak lagi dipompa dari unit *outdor* ke unit *indoor*. Pada kondisi ini pemakaian listrik akan sangat kecil karena listrik hanya dibutuhkan untuk kipas, *termostat*, dan lampu indikator AC saja.

Apabila suhu AC di setting 16°C maka kompresor akan terus menerus bekerja untuk mencapai suhu 16°C dimana suhu tersebut sangat sulit didapatkan jika di lingkungan dengan iklim tropis. Akibatnya energi listrik yang dibutuhkan akan terus besar karena kompresor yang tidak akan berhenti untuk mencapai suhu 16°C dan mengakibatkan pemborosan listrik. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan pemakaian arusnya seperti contoh pemakaian AC dengan suhu berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Perbandingan Arus AC Terhadap Suhu Yang Digunakan.

| **Spesifikasi AC** | **Penggunaan dengan suhu 16°C dan 18°C** | | | **Penggunaan dengan suhu 24°C** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **I (A)** | **V (V)** | **P (W)** | **I (A)** | **V (V)** | **P (W)** |
| Saijo 1PK | 4,1 | 226 | 880,27 | 2,1 | 226 | 450,87 |
| LG 1 PK | 2,9 | 228 | 628,14 | 1,6 | 228 | 346,56 |
| Samsung 1 PK | 3,6 | 226 | 772,92 | 1,9 | 226 | 407,93 |
| Honshu 1 PK | 3,9 | 226 | 837,33 | 2,1 | 226 | 450,87 |
| LG 2 PK | 6,9 | 225 | 1.474,88 | 3,1 | 223 | 656,74 |
| International 4PK | 14,3 | 225 | 3.056,63 | 6,2 | 225 | 1.325,25 |

Sumber : Hasil Pengukuran.

Dari Tabel 4.24 dapat diketahui bahwa pemakaian AC dengan suhu 16°C lebih membutuhkan arus yang besar dari pada penggunaan dengan suhu 24°C.

Dengan penggunaan arus yang besar menyebabkan daya yang dikonsumsi akan semakin besar pula.

Tabel 4.25. Total Konsumsi Energi Beban AC Menggunakan Suhu 16°C – 18°C.

| Nama Ruangan | Jumlah (buah) | Spesifikasi | | | Jam Nyala | Total Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PK | Daya (watt) | Merk | | |
| R. Ken Arok | 2 | 1 | 758,10 | LG | 2 | 2,88 |
| R. Baca Anak | 4 | 1 | 880,27 | Saijo | 6 | 20,07 |
| R. Tata Usaha | 1 | 1 | 880,27 | Saijo | 8 | 6,69 |
| R. Ka. Kantor | 1 | 1 | 880,27 | Saijo | 4 | 3,35 |
| Ruang Tamu | 1 | 1 | 837,33 | Honshu | 2 | 1,59 |
| Hall | 4 | 2 | 1.474,88 | LG | 6 | 33,63 |
| Audio/Pengadaan | 3 | 1 | 758,10 | LG | 6 | 12,96 |
| Ruang Restorasi | 1 | 1 | 758,10 | LG | 8 | 5,76 |
| Ruang Pengolahan | 2 | 1 | 772,92 | Samsung | 8 | 11,75 |
| Ruang Server | 1 | 1 | 772,92 | Samsung | 24 | 17,62 |
| R. Pelayanan | 1 | 1 | 772,92 | Samsung | 8 | 5,87 |
| R.Pengembangan | 1 | 1 | 758,10 | LG | 8 | 5,76 |
| Ruang Referensi | 3 | 1 | 837,33 | Honshu | 6 | 14,32 |
| Ruang Novel | 1 | 2 | 1.474,88 | LG | 8 | 11,21 |
| Ruang Sirkulasi | 1 | 4 | 3.056,63 | International | 4 | 11,62 |
| | 2 | 1 | 772,92 | Samsung | 8 | 11,75 |
| | 4 | 2 | 1.474,88 | LG | 8 | 44,84 |
| TOTAL | | | | | | 221,66 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.25 dapat diketahui bahwa total konsumsi energi listrik untuk AC dengan menggunakan suhu pada AC 16°C – 18°C adalah 221,66 kWh/hari. Penggunaan AC dengan suhu ini dapat menyebabkan kompresor AC bekerja maksimal untuk mendapatkan suhu yang diinginkan. Sehingga hamper dipastikan kompresor AC tidak pernah berhenti karena suhu ini sulit dicapai di lingkungan tropis seperti Indonesia dan hal ini dapat menyebabkan pemborosan energi.

Tabel 4.26. Total Konsumsi Energi Beban AC Menggunakan Suhu 24°C – 27°C.

| Nama Ruangan | Jumlah (buah) | Spesifikasi | | | Jam Nyala | Total Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | PK | Daya (watt) | Merk | | |
| R. Ken Arok | 2 | 1 | 346,56 | LG | 2 | 1,32 |
| R. Baca Anak | 4 | 1 | 450,87 | Saijo | 6 | 10,28 |
| R. Tata Usaha | 1 | 1 | 450,87 | Saijo | 8 | 3,43 |
| R. Ka. Kantor | 1 | 1 | 450,87 | Saijo | 4 | 1,71 |
| Ruang Tamu | 1 | 1 | 429,4 | Honshu | 2 | 0,82 |
| Hall | 4 | 2 | 656,74 | LG | 6 | 14,97 |
| Audio/Pengadaan | 3 | 1 | 346,56 | LG | 6 | 5,93 |
| Ruang Restorasi | 1 | 1 | 346,56 | LG | 8 | 2,63 |
| R. Pengolahan | 2 | 1 | 407,93 | Samsung | 8 | 6,20 |
| Ruang Server | 1 | 1 | 407,93 | Samsung | 24 | 9,30 |
| R. Pelayanan | 1 | 1 | 407,93 | Samsung | 8 | 3,10 |
| R. Pengembangan | 1 | 1 | 346,56 | LG | 8 | 2,63 |
| Ruang Referensi | 3 | 1 | 429,4 | Honshu | 6 | 7,34 |
| Ruang Novel | 1 | 2 | 656,74 | LG | 8 | 4,99 |
| Ruang Sirkulasi | 1 | 4 | 1.325,25 | International | 4 | 5,04 |
| | 2 | 1 | 407,93 | Samsung | 8 | 6,20 |
| | 4 | 2 | 656,74 | LG | 8 | 19,96 |
| TOTAL | | | | | | 105,86 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.26 diketahui pemakaian energi untuk AC dengan suhu standar yaitu 24°C – 27°C adalah 105,86 kWh/hari. Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan energi yang dikonsumsi AC dengan penggunaan suhu 16°C – 18°C dikarenakan kompresor akan lebih banyak beristirahat dalam bekerja. Suhu lingkungan yang tidak jauh beda menyebabkan suhu di dalam ruangan yang diinginkan menjadi cepat dicapai sehingga kompresor otomatis akan berhenti bekerja dan akan kembali bekerja jika suhu di dalam ruangan kembali naik.

Penghematan dengan pengaturan suhu sangat sulit dilakukan karena mengingat fungsi ruangan perpustakaan yang membutuhkan suhu yang cukup dingin atau nyaman untuk kenyamanan pengunjung. Oleh karena itu dilakukan beberapa alternative lain dengan penggantian AC konvensional dengan AC hemat energi teknologi inverter. AC teknologi ini bekerja dengan sistem meminimalkan hidup mati dari kompesor AC sehingga arus listrik yang besar saat *start* dari kompesor AC dapat diminimalkan. Saat suhu ruangan yang diinginkan sudah

tercapai maka kompresor akan bekerja ringan atau tidak maksimal sehingga daya yang dibutuhkan juga relatif kecil. Dan saat suhu ruangan kembali naik maka kompresor akan bekerja secara perlahan kemudian mencapai kecepatan maksimum untuk mendingikan ruangan.

Selain itu penggunaan AC yang usianya sudah lama dan kurang perawatan dapat juga menyebabkan kinerja mesin pendingin menurun sehingga menyebabkan pemborosan energi listrik. Penggantian dilakukan pada beberapa AC 1 PK dan 2 PK merk Saijo, Honshu, dan International yang usianya lebih dari 5 tahun dan diganti dengan AC teknologi inverter. Spesifikasi AC teknologi inverter yang direkomendasikan adalah sebagai berikut :

**1.** Panasonic AC Inverter 1.0 PK – CSCU-S10JKP *refrigerant* R410A
Data Listrik : Tegangan 220 V
: Arus Kerja 3.6 A
: Daya Listrik 170-920 (300)W

**2.** Panasonic AC Envio Inverter CS-S18JKP (2 PK) *refrigerant* R410A
Data Listrik : Tegangan 220 V
: Arus Kerja 6.7 A
: Daya Listrik 240-1, 700 (1,440) W

Dari data kedua AC tersebut telah menggunakan *refrigerant* hidrokarbon jenis R410A yang sesuai dengan rekomendasi Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2012 yang menyarankan menggunakan AC jenis *refrigerant* hidrokarbon. *Refrigerant* jenis ini lebih ramah lingkungan dibandingkan AC konvensional dengan *refrigerant* jenis R22 yang masih menggunakan *freon* sebagai mesin pendinginnya dan *freon* merupakan salah satu penyumbang efek pemanasan global.

Tabel 4.27. Total Konsumsi Energi Beban AC Setelah Dilakukan Penghematan dan Penggantian AC Teknologi Inverter.

| Nama Ruangan | Jumlah (buah) | Spesifikasi | Daya (watt) | Jam Nyala | Total Konsumsi /hari (kWh) |
|---|---|---|---|---|---|
| R. Ken Arok | 2 | LG (1PK ) | 346,56 | 2 | 1,32 |
| R.Baca Anak | 4 | Panasonic (1PK) | 300 | 6 | 6,84 |
| R. Tata Usaha | 1 | Panasonic (1PK) | 300 | 8 | 2,28 |
| R. Ka. Kantor | 1 | Panasonic (1PK) | 300 | 4 | 1,14 |
| Ruang Tamu | 1 | Panasonic (1PK) | 300 | 2 | 0,57 |
| Hall | 4 | LG (2PK) | 656,74 | 6 | 9,46 |
| Audio/Pengadaan | 3 | LG (1PK) | 346,56 | 6 | 5,93 |
| Ruang Restorasi | 1 | LG (1PK) | 346,56 | 8 | 2,63 |
| R. Pengolahan | 2 | Samsung (1PK) | 407,93 | 8 | 6,20 |
| Ruang Server | 1 | Samsung (1PK) | 407,93 | 24 | 9,30 |
| R. Pelayanan | 1 | Samsung (1PK) | 407,93 | 8 | 3,10 |
| R. Pengembangan | 1 | LG (1PK) | 346,56 | 8 | 2,63 |
| Ruang Referensi | 3 | Panasonic (1PK) | 300 | 6 | 5,13 |
| Ruang Novel | 1 | LG (2PK) | 656,74 | 8 | 4,99 |
| Ruang Sirkulasi | 2 | Panasonic (2PK) | 300 | 4 | 2,28 |
| | 2 | Samsung (1PK) | 407,93 | 8 | 6,20 |
| | 4 | LG (2PK) | 656,74 | 8 | 12,61 |
| TOTAL | | | | | 82,61 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.27 diketahui bahwa setelah dilakukan penggantian AC dan pengaturan suhu ruangan yang sesuai standar pada ruangan maka total konsumsi energi listrik untuk beban AC adalah 82,61 kWh/hari. Nilai ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan konsumsi energi listrik sebelum dilakukan penghematan adalah :

Besar penghematan AC = Sebelum Penghematan – Setelah Penghematan

= 232,47 kWh/hari – 82,61 kWh/hari

= 149,86 kWh/hari

= 4495,8 kWh/bulan

Tabel 4.28. Biaya Operasional dan Penghematan AC Per Tahun

| AC | Satuan | Sebelum Penghematan | Setelah Penghematan |
|---|---|---|---|
| Konsumsi Energi AC | kWh/hari | 232,47 | 82,61 |
| Tarif listrik PLN | Rp/kWh | 1.352,00 | 1.352,00 |
| Biaya operasional per tahun | Rp | 80.146.357,00 | 28.480.623,00 |
| Penghematan per tahun | Rp | 0 | 51.665.733,00 |
| Penghematan dalam prosen | % | 0 | 64,46 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari Tabel 4.28 dapat diketahui besar penghematan AC sebesar Rp.51.665.733,00 per tahun atau sebesar 64,46% per tahun. Untuk mencapai nilai penghematan yang besar seperti ini sangat diharapkan peran dari sumber daya manusia untuk lebih hemat dalam menggunakan AC maupun beban lainnya.

Tabel 4.29. Total Biaya Penggantian AC.

| Spesifikasi AC | Volume | Harga satuan (Rp) | Jumlah (Rp) |
|---|---|---|---|
| AC Inverter 1 PK Panasonic | 10 | 4.500.000,00 | 45.000.000,00 |
| AC Inverter 2 PK Panasonic | 2 | 6.450.000,00 | 12.900.000,00 |
| Ongkos Pemasangan | 12 | 350.000,00 | 4.200.000,00 |
| Total | | | 62.100.000,00 |

Sumber : Hasil Perhitungan.

Dari tabel 4.29 dapat diketahui bahwa total biaya instalai penggantian lampu sebesar Rp.62.100.000,00. Maka pengembalian biaya instalasi tersebut dapat dihitung dari total biaya dan total penghematan per tahunnya sebagai berikut:

$$\text{Pengembalian biaya} = \frac{Total\ biaya\ instalasi}{Total\ \ penghemata\,m\ per\ tahun}$$

$$= \frac{Rp.62.100.000{,}00}{Rp.51.665.733{,}00\,/\,tahun}$$

$$= 1{,}2 \text{ tahun}$$

Maka investasi biaya penggantian AC akan kembali setelah kurang lebih 1,2 tahun. Dengan penggunaan energi listrik yang lebih hemat diharapkan dapat mengurangi konsumsi energi listrik di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

### 4.6.3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Setelah Penghematan

Konsumsi energi AC setelah penghematan = 82,61 kWh/hari

= 2.478,3 kWh/bulan.

Konsumsi energi penerangan dan beban lain-lain = 42,44 + 70,14

= 112,58 kWh/hari

= 3377,4 kWh/bulan

Total Konsumsi energi = 2.478,3 kWh/bulan + 3377,4 kWh/bulan

= 5.855,7 kWh/bulan

e) Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC adalah :

$$IKE_3 = \frac{Total\ Konsumsi\ Energi\ (kWh) - Konsumsi\ Energi\ AC(kWh)}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)}$$

$$= \frac{5855{,}7\ (kWh) - 2478{,}3\ (kWh)}{1014{,}48\ (m^2)}$$

= 3,32 kWh/m$^2$/bulan.

f) Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_4 = \frac{Konsumsi\ \ AC}{Luas\ Lantai\ BerAC\ (m^2)} + \frac{Total\ Konsumsi\ Energi - Konsumsi\ AC}{Luas\ Lantai\ Total\ (m^2)}$$

$$= \frac{2478{,}3\ (kWh)}{872{,}05\ \ (m^2)} + \frac{5855{,}7\ (kWh) - 2478{,}3(kWh)}{1014{,}48\ (m^2)}$$

= 6,16 kWh/m$^2$/bulan.

Untuk penentuan target dari IKE per satuan luas menggunakan standar Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas, 2006). Dari hasil perhitungan setelah dilakukan penghematan didapat nilai IKE untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 3,32 kWh/m$^2$/bulan termasuk kategori boros dan untuk lantai menggunakan AC yaitu 6,16 kWh/m$^2$/bulan termasuk kategori sangat efisien. Dengan demikian nilai IKE tersebut lebih rendah dari nilai IKE sebelum dilakukan penghematan meskipun untuk lantai tidak menggunakan AC masih termasuk kategori boros. Dengan memanfaatkan peran serta sumber daya manusia diharapkan dapat meningkatkan program penghematan energi listrik di gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

# BAB V

# PENUTUP

## 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan didapat nilai IKE gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 4,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori sangat boros dan untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 12,12 kWh/$m^2$/bulan termasuk kategori cukup efisien. Konsumsi energy listrik terbesar adalah pada beban pendingin udara (AC) dengan prosentase 64% atau sebesar 234,71 kWh/hari kemudian beban lain-lain 19% atau sebesar 70,14 kWh/hari dan system pencahayaan 17% atau sebesar 62,13 kWh/hari.
2. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka prioritas utama dalam melakukan penghematan energy listrik adalah pada system pendingin udara (AC) dan system pencahayaan.Upaya penghematan yang dilakukan yaitu :
   a) Mengurangi sekecil mungkin pemakaian beban listrik khususnya untuk beban pencahayaan, AC, dan beban – beban lain seperti printer, televisi, dan lain-lain.
   b) Penggunaan lampu *Light Emitting Diode* (LED) sebagai pengganti lampu TL dan lampu LHE.
   c) Memaksimalkan peran sumber daya manusia untuk meningkatkan penghematan energy listrik khususnya penggunaan lampu dan AC.
   d) Melakukan penggantian AC lama yang usianya lebih dari 5 tahun dengan AC hemat energy teknologi inverter.
   e) Menggunakan AC dengan suhu 24°C – 27°C untuk ruang kerja yang telah direkomendasikan oleh Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, No.12 tahun 2012.

3. Potensi penghematan energi listrik dari tindakan konservasi energi listrik yaitu :
   a) Penghematan dengan penggunaan lampu LED *tube* 18 watt dan LED *bulb* 9 watt dan pemenuhan standar SNI 03-6575-2001 dan didapatkan hasil penghematan untuk system pencahayaan sebesar Rp 6.788.324,00 per tahun atau 31,69 % per tahun.
   b) Penghematan dengan meminimalkan kerja AC dengan suhu yang sesuai standar dan penggantian AC konvensional yang usianya lebih dari 5 tahun diganti dengan AC teknologi inverter didapatkan penghematan sebesar Rp.51.665.733,00 per tahun atau sebesar 64,46% per tahun.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan data-data beberapa tahun sebelumnya agar dapat mengetahui nilai estimasi, nilai real, dan nilai setelah manajemen energi sehingga di tahun berikutnya dapat diperoleh nilai kemungkinan penghematan energi yang lebih baik.
2. Melakukan perbaikan instalasi listrik sehingga dihasilkan sebuah instalasi baru yang lebih hemat energy dan sesuai dengan standar yang berlaku salah satunya dengan pemanfaatan lampu LED dan AC teknologi inverter yang lebih hemat energi.

## DAFTAR PUSTAKA


Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-6196-2000, Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2001. SNI 03-6575-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2001. SNI 03-65-72-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Jakarta:BSN.

Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 16-7062-2004, Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja. Jakarta: BSN.

BSR "Energy Management Handbook", 2012. Diunduh pada Januari 2014.

Capehart BL, Turner CT and William J.Kennedy. 2003. Guide *to Energy Management Fairmont press inc*. Bureau of Energy Efficiency.

Departemen Pendidikan Nasional. 2006. Teknik Penghematan Energi Pada Rumah Tangga dan Gedung. Jakarta: DPN.

Direktorat Pengembangan Energi. Petunjuk teknis konservasi energi; *Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi. Direktotat Jendral Pengembangan Energi.

Kadir, Abdul. 1990. Energi, Penerbit Universitas Indonesia pres .

Lybery, MD. 1981. *Source Book for Energy Auditor*, International Energy Agency.

Marsalyna, "Studi Konservasi Energi Listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya". Universitas Brawijaya Malang, 2010.

Pabla, Ir. Abdul Hadi. A.S. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta: Airlangga.

Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, No.12 tahun 2012, Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik.

Sumber:www.airconditioningfaq.com/Air-Conditioner/terminology/Air-Conditioning-Terminology.html. Diunduh pada Desember 2013.

# LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Spesifikasi Ruangan**

Tabel 1. Spesifikasi Ruangan dan Jenis Beban Lantai 1 di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang

| No. | Ruangan | Luas ($m^2$) | Klasifikasi beban | | | Fungsi Ruangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Jenis Beban | Jumlah (buah) | Daya (Watt) | |
| 1 | Ruang Ken Arok | 86 | Lampu *flourescent* | 15 | 40 | Ruang Pameran, biasanya disewakan untuk pameran dari pihak luar |
| | | | Lampu Hemat Energi | 5 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 2 | 770 | |
| 2 | *Hall & Receptionist* | 118,5 | Lampu *flourescent* | 14 | 40 | Ruang pameran buku dan pelayanan pendaftaran anggota |
| | | | Lampu Hemat Energi | 11 | 15 | |
| | | | AC split 2 PK | 4 | 1780 | |
| | | | Televesi | 1 | 150 | |
| | | | Komputer | 2 | 154 | |
| | | | Printer | 2 | 75 | |
| 3 | Koridor dan Tangga | 38,44 | Lampu Hemat Energi | 8 | 15 | Koridor dan Tangga |
| 4 | Ruang *Pantry* | 9 | Lampu Hemat Energi | 2 | 15 | Ruang Kerja Karyawan |
| | | | Komputer | 2 | 154 | |
| | | | Printer | 1 | 75 | |
| 5 | Kamar Mandi 1 | 9 | Lampu Hemat Energi | 4 | 15 | Kamar Mandi |
| 6 | Ruang Audio/Pengadaan | 67 | Lampu *flourescent* | 12 | 40 | Ruang Kerja Karyawan |
| | | | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 3 | 770 | |
| | | | Komputer | 2 | 154 | |
| | | | Printer | 2 | 75 | |

Lanjutan tabel 1.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | Ruang Tamu | 17 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Ruang tunggu tamu kepala kantor |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 1050 | |
| 8 | Kantor Kepala | 9 | Lampu *flourescent* | 1 | 40 | Ruang kerja kepala kantor |
| | | | Lampu Hemat Energi | 1 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 970 | |
| | | | Komputer | 1 | 154 | |
| | | | Printer | 1 | 75 | |
| 9 | R. Tata Usaha | 13,8 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Ruang Kerja karyawan |
| | | | Lampu Hemat Energi | 1 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 970 | |
| | | | Komputer | 3 | 154 | |
| | | | Printer | 2 | 75 | |
| 10 | R. Baca Anak | 71,88 | Lampu *flourescent* | 12 | 40 | Ruang bermain khusus anak |
| | | | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 4 | 970 | |
| | | | Televesi | 1 | 150 | |
| | | | | | | |
| 11 | Ruang ME | 8 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Ruang Panel |
| 12 | Mushola | 12 | Lampu Hemat Energi | 2 | 15 | Mushola |
| 13 | Kantin | 8,96 | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | Kantin |
| 14 | Dapur | 6,72 | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | Dapur |
| 15 | Kamar Mandi 2 | 8,4 | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | Kamar Mandi |
| 16 | Penerangan Luar | | Lampu Hemat Energi | 24 | 15 | Penerangan Luar |

Tabel 2. Spesifikasi Ruangan dan Jenis Beban Lantai 2 di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang

| No. | Ruangan | Luas ($m^2$) | Klasifikasi beban | | | Fungsi Ruangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Jenis Beban | Jumlah (buah) | Daya (Watt) | |
| 1 | Ruang Sirkulasi | 303,6 | Lampu *flourescent* | 48 | 40 | Ruang perpustakaan buku - buku dan tempat membaca |
| | | | Lampu Hemat Energi | 3 | 15 | |
| | | | AC split 1 PK | 2 | 930 | |
| | | | AC split 2 PK | 4 | 1780 | |
| | | | AC split 4 PK | 1 | 3200 | |
| | | | Komputer | 4 | 154 | |
| | | | Printer | 1 | 75 | |
| 2 | Koridor dan Tangga | 25,44 | Lampu Hemat Energi | 12 | 15 | Koridor dan Tangga |
| 3 | Kamar Mandi 3 | 8,4 | Lampu Hemat Energi | 4 | 15 | Kamar Mandi |
| 4 | Dapur | 7,5 | Lampu Hemat Energi | 1 | 15 | Dapur |
| 5 | Ruang Referensi | 67 | Lampu *flourescent* | 14 | 40 | Tempat buku - buku referensi |
| | | | AC split 1 PK | 3 | 1050 | |
| 6 | Ruang Novel | 26 | Lampu *flourescent* | 5 | 40 | Tempat buku - buku novel |
| | | | AC split 2 PK | 1 | 1780 | |
| 7 | R. Seksi Pelayanan | 10,4 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Tempat pelayanan pengunjung |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 930 | |
| | | | Komputer | 2 | 154 | |
| | | | Printer | 2 | 75 | |

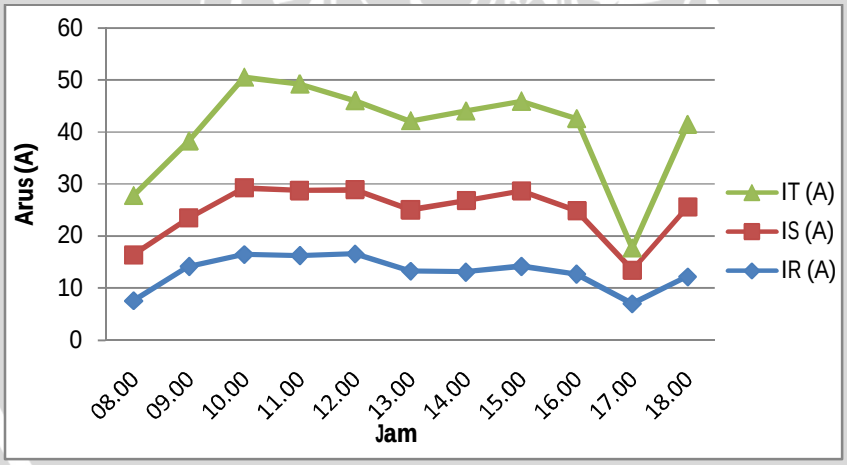
Lanjutan Tabel 2.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Ruang Pengolahan | 36,72 | Lampu *flourescent* | 7 | 40 | Ruang pengolahan data - data dan arsip kantor |
| | | | AC split 1 PK | 2 | 930 | |
| | | | Komputer | 2 | 154 | |
| | | | Printer | 1 | 75 | |
| 9 | Ruang Server | 5,76 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Ruang komputer dan perangkat server |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 930 | |
| | | | Komputer | 4 | 154 | |
| | | | UPS | 2 | 400 | |
| 10 | Ruang Restorasi | 18,36 | Lampu *flourescent* | 4 | 40 | Tempat foto kopi |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 770 | |
| | | | Mesin Fotokopi | 2 | 550 | |
| 11 | R.Seksi Pengembangan | 12 | Lampu *flourescent* | 2 | 40 | Ruang rapat kecil |
| | | | AC split 1 PK | 1 | 770 | |
| 12 | Kamar Mandi 4 | 8,4 | Lampu Hemat Energi | 4 | 15 | Kamar Mandi |

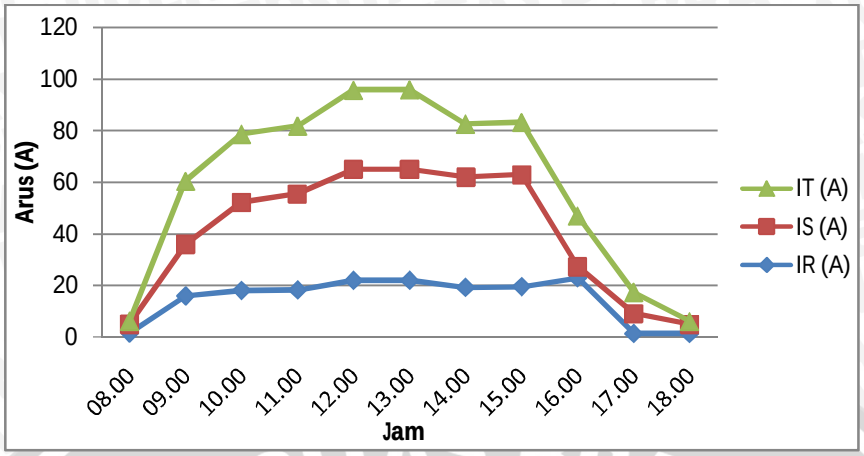
**Lampiran 2. Hasil Pengukuran**

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus Tanggal 19 Januari 2014 di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

| Jam | Tarif P1 33000 (kWh penerangan dan beban lain-lain lantai 1 dan 2 | | | Tarif P1 33000 (kWh AC lantai 1 d1n 2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $I_R$ (A) | $I_S$ (A) | $I_T$ (A) | $I_R$ (A) | $I_S$ (A) | $I_T$ (A) |
| 08.00 | 7,6 | 8,8 | 11,4 | 1,4 | 3,4 | 1,3 |
| 09.00 | 14,2 | 9,3 | 14,8 | 15,8 | 20,1 | 24,5 |
| 10.00 | 16,5 | 12,8 | 21,3 | 17,9 | 34,3 | 26,4 |
| 11.00 | 16,3 | 12,5 | 20,5 | 18,1 | 37,3 | 26,4 |
| 12.00 | 16,6 | 12,4 | 17,1 | 21,8 | 43,2 | 30,7 |
| 13.00 | 13,3 | 11,8 | 17,1 | 21,8 | 43,2 | 30,8 |
| 14.00 | 13,1 | 13,8 | 17,2 | 19,1 | 42,8 | 20,7 |
| 15.00 | 14,2 | 14,5 | 17,3 | 19,4 | 43,5 | 20,3 |
| 16.00 | 12,7 | 12,2 | 17,7 | 22,8 | 4,3 | 19,8 |
| 17.00 | 7 | 6,5 | 4,2 | 1,3 | 7,6 | 8,4 |
| 18.00 | 12,2 | 13,4 | 15,9 | 1,3 | 3,4 | 1,3 |



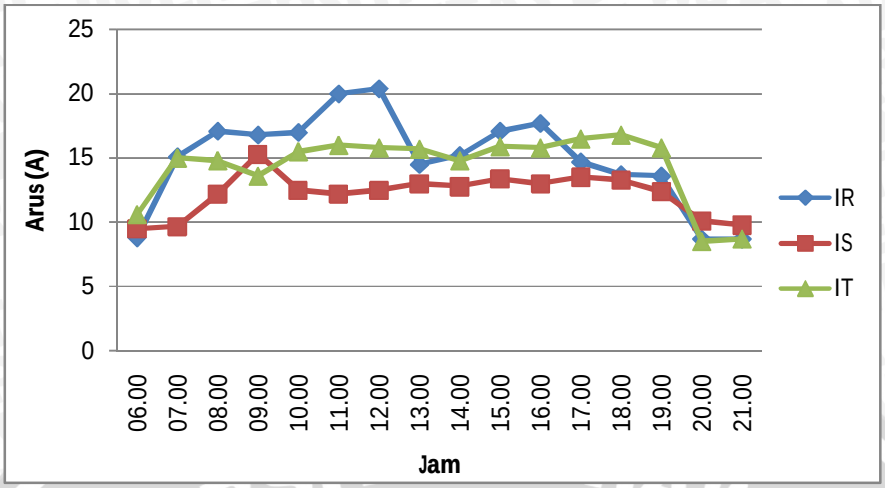

Grafik Arus Listrik Pemakaian Beban Pencahayaan dan Beban Lain-lain Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.



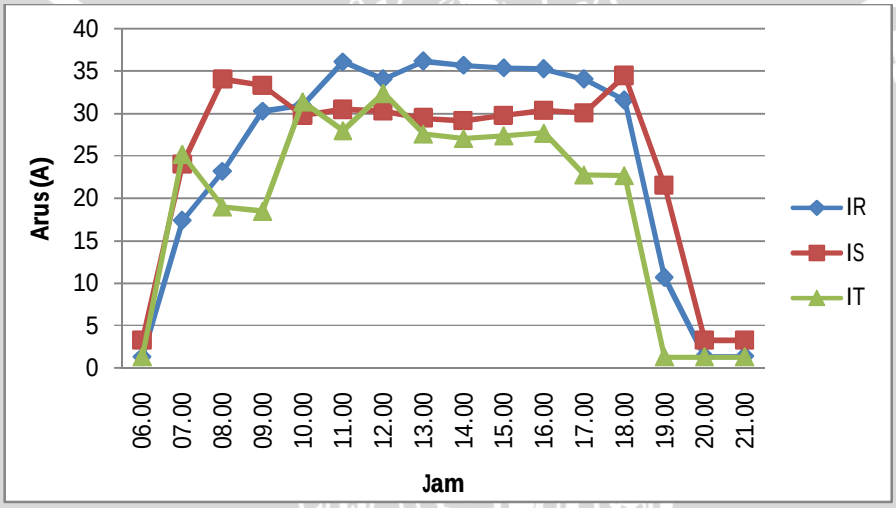

Grafik Arus Listrik Pemakaian Beban *Air Conditioning* (AC) Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus Tanggal 20 Januari 2014 di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

| Jam | Tarif P1 33000 (kWh penerangan dan beban lain-lain lantai 1 dan 2) | | | Tarif P1 33000 (kWh AC lantai 1 dan 2) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $I_R$ (A) | $I_S$ (A) | $I_T$ (A) | $I_R$ (A) | $I_S$ (A) | $I_T$ (A) |
| 06.00 | 8,8 | 9,5 | 10,6 | 1,3 | 3,3 | 1,3 |
| 07.00 | 15,1 | 9,7 | 15 | 17,4 | 24,1 | 25,2 |
| 08.00 | 17,1 | 12,2 | 14,8 | 23,2 | 34,1 | 19 |
| 09.00 | 16,8 | 15,3 | 13,6 | 30,3 | 33,4 | 18,5 |
| 10.00 | 17 | 12,5 | 15,5 | 31 | 29,8 | 31,4 |
| 11.00 | 20 | 12,2 | 16 | 36,1 | 30,5 | 28 |
| 12.00 | 20,4 | 12,5 | 15,8 | 34,1 | 30,3 | 32,4 |
| 13.00 | 14,5 | 13 | 15,7 | 36,2 | 29,5 | 27,6 |
| 14.00 | 15,2 | 12,8 | 14,8 | 35,7 | 29,2 | 27,1 |
| 15.00 | 17,1 | 13,4 | 15,9 | 35,4 | 29,8 | 27,4 |
| 16.00 | 17,7 | 13 | 15,8 | 35,3 | 30,4 | 27,7 |
| 17.00 | 14,7 | 13,5 | 16,5 | 34,1 | 30,1 | 22,8 |
| 18.00 | 13,7 | 13,3 | 16,8 | 31,6 | 34,5 | 22,7 |
| 19.00 | 13,6 | 12,4 | 15,8 | 10,7 | 21,6 | 1,3 |
| 20.00 | 8,7 | 10,1 | 8,5 | 1,4 | 3,3 | 1,3 |
| 21.00 | 8,7 | 9,8 | 8,7 | 1,4 | 3,3 | 1,3 |



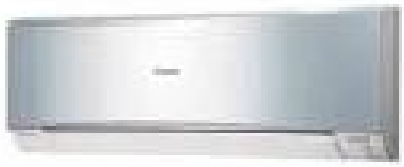

Grafik Arus Listrik Pemakaian Beban Pencahayaan dan Beban Lain-lain Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.




Grafik Arus Listrik Pemakaian Beban *Air Conditioning* (AC) Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang.

**Lampiran 3. Spesifikasi AC Inverter**

# AC 1.0 PK Inverter Panasonic



**Panasonic AC Inverter 1.0 PK - CSCU-S10JKP**

Kapasitas Pendingin

- Btu/h : 2,730-11,200 (9,720)
- kW : 0.80-3.28 (2.85)
- EER : 13.3 Btu/hW

Data Listrik

- Tegangan : 220 V
- Arus Kerja : 3.6 A
- Daya Listrik : 170-920 (300)W
- Laju Pengembunan : 1.7 L/h
- Sirkulasi Udara (Ruangan/H) : 9.4 m3/min

Dimensi

- Tinggi : 280 (510) mm
- Lebar : 799 (780) mm
- Tebal : 183 (230) mm
- Berat Bersih : 9 (24) kg

Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair : ø 6.35 mm
- Bagian Gas : ø 9.52 mm

# ENVIO INVERTER CS-S18JKP ( 2 PK)

“ Patrol then Purify” AC sekaligus Air Purifier ( 2 in 1) , New Patrol Sensor

- INVERTER
- Advanced E-ion ( Sekitar 3 trilliun)
- New Patrol Sensor dengan 3 lampu indikator
- Filter E-ion yang lebih besar dan lebih rapat
- ENVIO INVERTER menggunakan refrigerant R410A

Kapasitas Pendingin

- Btu/ h 3, 070-20, 500 ( 18, 100)
- kW 0.90-6.00 ( 5.30)
- EER 12.6 Btu/ hW

Data Listrik

- Tegangan 220 V
- Arus Kerja 6.7 A
- Daya Listrik 240-1, 700 ( 1, 440) W
- Laju Pengembunan 2.9 L/ h
- Sirkulasi Udara ( Ruangan/ H) 16.7 m3/ min

Dimensi

- Tinggi 275 ( 540) mm
- Lebar 998 ( 780) mm
- Tebal 230 ( 289) mm
- Berat Bersih 11 ( 33) kg

Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair ø 6.35 mm
- Bagian Gas ø 12.70 mm
- Catu Daya Indoor

**Lampiran 4. Lampu LED dan Armatur Lampu**

- ✓ Lampu LED *tube* 18 watt

Spesifikasi :

Brand: Generic

Lampu LED Tube T8 18W

Warna: Cool White 7000k

Tegangan: 220V.

Luminous: 1600 Lumens

Umur Led: sd 40,000 jam

- ✓ Lampu LED Bulb 9W

Spesifikasi:

Brand : OKI

Konsumsi Listrik 9 Watt

Warna : Cool White 7000k

Tegangan: 220V.

Luminous: 800 Lumens (Clear Cover)

Umur Led: sd 40,000 jam

**Armatur Lampu *Flourescent***

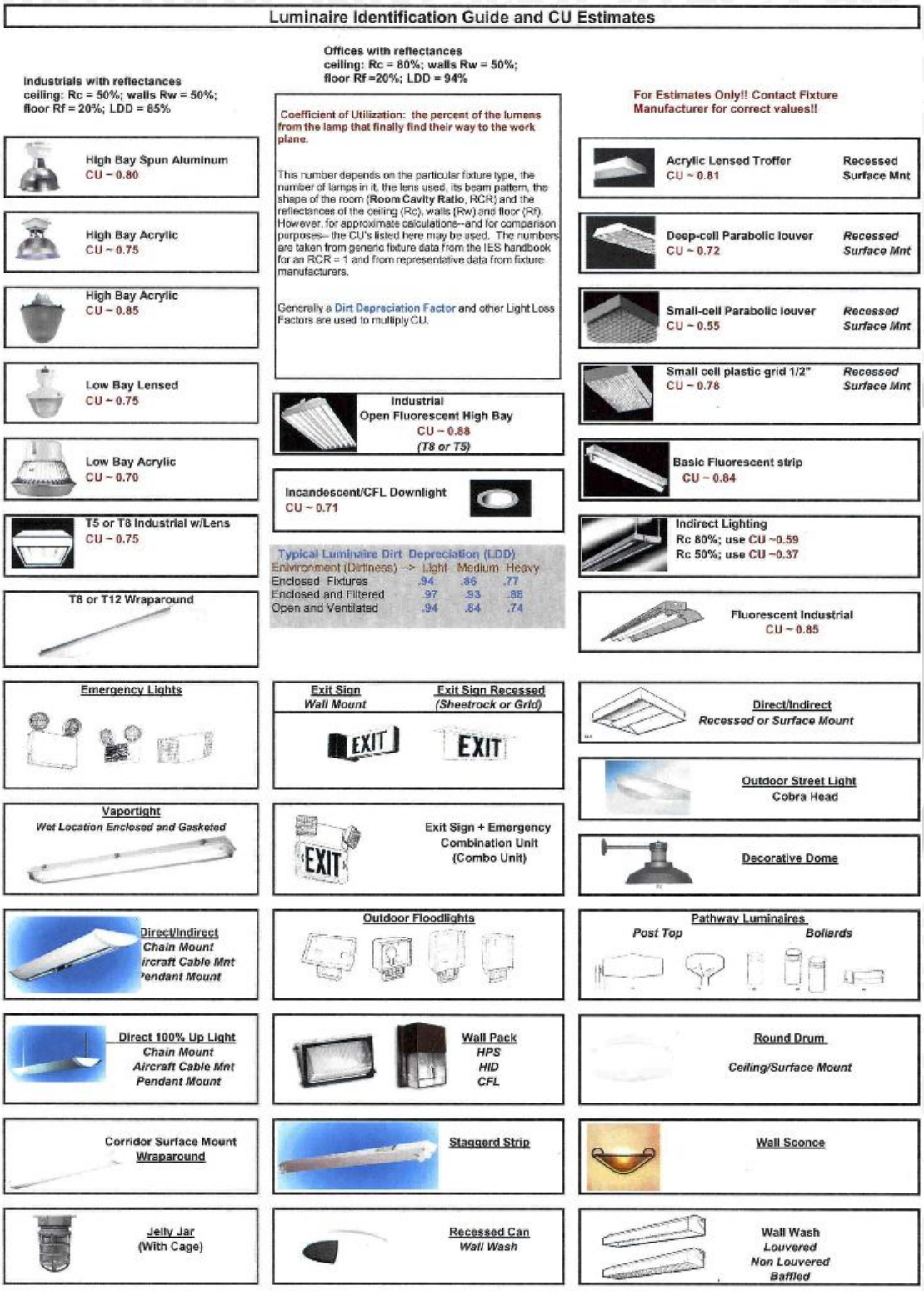
# APOLLON$^{TM}$ T8 VAS-MP / VB

OSRAM

## G: Technical Information

### 1. Housing, Mounting and Accessories

- A painted profile body, only 60 mm of thickness.
- Longitudinal reflector.

| | |
|---|---|
| Housing material VAS-MP | A painted profile sheet body, ABS VO caps.<br>Perforated cover with aluminium vents.<br>V central parabola in satin-finish aluminium.<br>4 closing clips which serve as hinge for the opening. |
| Housing material VB | A painted profile sheet body, ABS VO caps.<br>White vents, white-painted aluminium grid.<br>4 closing clips which serve as hinge for the opening. |
| Housing color | White |
| Net weight (Kg) | 4,4 for the 1 x 36 ; 5,5 for the 1 x 58 ; 5,8 for the 2 x 36 ;<br>7,3 for the 2 x 58 |
| Dimensions (L x W x H) mm | See next picture |
| Mounting holes | See next picture |
| Fire protection | To be defined |
| Glow wire test | 850°C |
| Ingress protection | IP20 |
| Shock resistance | IK07 |
| Safety class | I |
| Approval marks | NF EN 60598 - CE |

**Lampiran 5. Koefisien Penggunaan (kp) dan Koefisien Depresiasi (kd)**