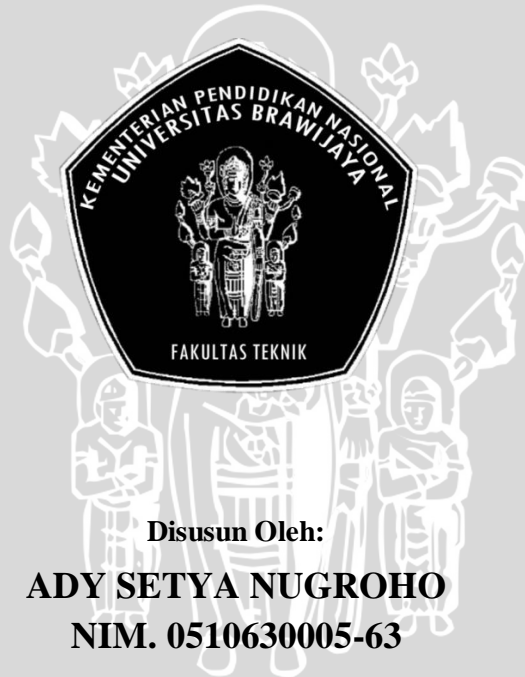


**EVALUASI SISTEM PENCAHAYAAN APARTEMEN
MENARA SOEKARNO HATTA MALANG
YANG HEMAT ENERGI**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**ADY SETYA NUGROHO
NIM. 0510630005-63**

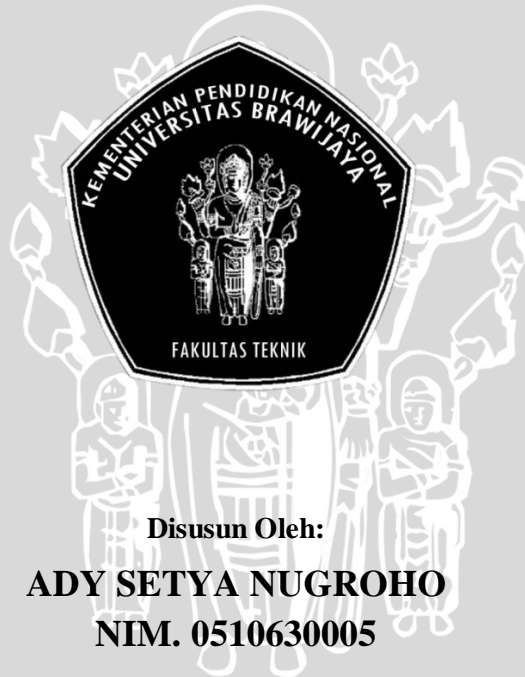
**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**EVALUASI SISTEM PENCAHAYAAN APARTEMEN
MENARA SOEKARNO HATTA MALANG
YANG HEMAT ENERGI**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**ADY SETYA NUGROHO
NIM. 0510630005**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Hery Purnomo, MT.
NIP. 19550708 198212 1 001

Ir. Soemarwanto, MT.
NIP. 19500715 198003 1 002

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI SISTEM PENCAHAYAAN APARTEMEN
MENARA SOEKARNO HATTA MALANG
YANG HEMAT ENERGI**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**ADY SETYA NUGROHO
NIM. 0510630005**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 03 Agustus 2010

DOSEN PENGUJI

Ir. Chairuzzaini
NIP. 19500627 197803 1 001

Ir. Mahfudz Shidiq, MT.
NIP. 19580609 198703 1 003

Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.
NIP. 19630106 198802 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc
NIP. 19710615 199802 1 003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan anugrah, perlindungan, rahmat, kasih sayang-Nya, sehingga skripsi dengan judul **“Evaluasi Sistem Pencahayaan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang yang Hemat Energi”** dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Elektro pada bidang studi Teknik Energi Elektrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dengan rasa hormat, disampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Rudy Yuwono, S.T., M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Tenaga Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Hery Purnomo, MT. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, perhatian, arahan hingga terselesainya skripsi ini.
5. Bapak Ir. Soemarwanto, MT. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, perhatian, arahan hingga terselesainya skripsi ini.
6. Pak Anang Nursamsi yang telah banyak membantu dalam pencarian data.
7. Orang tua dan saudara yang selalu mendukung lahir dan batin.
8. Semua teman yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan skripsi.

Disadari sepenuhnya masih ada keterbatasan dan kekurangan pada tulisan ini, untuk itu diharapkan kritik dan saran agar tulisan ini menjadi lebih baik.

Akhirnya diharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan pengetahuan.

Malang, Juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	vii

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Beban	4
2.2 Lampu	5
2.2.1 Spektrum cahaya	5
2.3 Beban Penerangan	8
2.3.1 Tingkat Pencahayaan	8
2.3.2 Luminansi	11
2.3.3 Klasifikasi Sistem Pencahayaan	13
2.3.4 Sistem Penerangan dan Armatur	15
2.3.5 Faktor-faktor Refleksi	16
2.4 Perhitungan Intensitas Penerangan	19
2.5 Penghematan Energi	21



2.5.1 Langkah penghematan energi	22
--	----

III METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur	24
3.2 Pengambilan Data	24
3.3 Analisis dan Pembahasan	24
3.4 Penutup	26

IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Beban Penerangan	27
4.1.1 Beban penerangan	27
4.2 Perhitungan Intensitas Penerangan	29
4.2.1 Perhitungan intensitas ruangan lantai 1	29
4.2.2 Perhitungan intensitas ruangan lantai 2	32
4.2.3 Perhitungan intensitas ruangan lantai 3	33
4.2.4 Perhitungan intensitas ruangan lantai 4	34
4.2.5 Perhitungan intensitas ruangan lantai 5-15	35
4.3 Perhitungan Daya Beban Penerangan	36
4.3.1 Perhitunagn Beban Penerangan Apartemen	36

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52

DAFTAR PUSTAKA	53
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan SNI	10
Tabel 2.2 Tingkat Pencahayaan yang direkomendasikan UNEP	11
Tabel 2.3 Faktor Refleksi Beberapa Permukaan	17
Tabel 2.4 Efisiensi Penerangan Langsung	18
Tabel 2.5 Efisiensi Penerangan Sebagian besar Langsung	18
Tabel 4.1 Beban Penerangan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang	28
Tabel 4.2 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruang pada Lantai 1	32
Tabel 4.3 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruang pada Lantai 2	33
Tabel 4.4 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruang pada Lantai 3	34
Tabel 4.5 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruang pada Lantai 4	35
Tabel 4.6 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruang pada Lantai 5-15	36
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Perhitungan pada Perpustakaan	39
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Pedoman UNEP dan Penggantian Jenis Lampu	40
Tabel 4.9 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 1	41
Tabel 4.10 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 2	42
Tabel 4.11 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 3	53
Tabel 4.12 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 4	44
Tabel 4.13 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 5 sampai 15	45
Tabel 4.14 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya pada Lantai 1	46
Tabel 4.15 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya pada Lantai 2	47
Tabel 4.16 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya pada Lantai 3	48
Tabel 4.17 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya pada Lantai 4	49

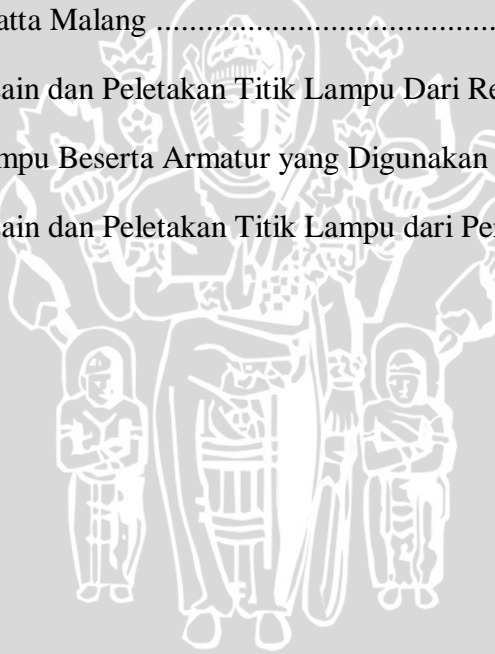
Tabel 4.18 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 5 50

Tabel 4.19 Perbandingan Daya yang Dibutuhkan pada Masing-Masing Lantai 51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lampu Pijar	5
Gambar 2.2 Berbagai Jenis Lampu Fluoresen	7
Gambar 2.3 Armatur Bola	12
Gambar 2.4 Skala Luminansi untuk Pencahayaan Interior	13
Gambar 2.5 Distribusi Cahaya	15
Gambar 2.6 Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik ..	21
Gambar 3.1 Langkah kerja Evaluasi Sistem Pencahayaan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang	28
Gambar 4.1 Bentuk Desain dan Peletakan Titik Lampu Dari Retail Shop	32
Gambar 4.2 Bentuk Lampu Beserta Armatur yang Digunakan	33
Gambar 4.3 Bentuk Desain dan Peletakan Titik Lampu dari Perpustakaan	40



RINGKASAN

ADY SETYA NUGROHO, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2010, *“Evaluasi Sistem Pencahayaan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang Yang Hemat Energi”*. Dosen pembimbing: Hery Purnomo dan Soemarwanto.

Penghematan energi perlu dilakukan sebagai upaya efisiensi pemakaian energi dan mengurangi ketergantungan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Pencahayaan yang baik dan hemat energi pada apartemen Menara Soekarno Hatta Malang sangat dibutuhkan sebagai salah satu bentuk penghematan energi listrik dengan itu maka akan memberikan keamanan dan kenyamanan.

Aspek yang dianalisis pada skripsi ini diantaranya adalah Apa saja yang dilakukan untuk melakukan penghematan energi di Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang dengan mengevaluasi sistem pencahayaannya pada masing-masing ruangan dan Berapa potensi penghematan energi yang diperoleh dari hasil evaluasi sistem pencahayaan ruangan.

Penghematan energi pada Apartemen Menara Soekarno Hatta dilakukan dengan cara mencari standar yang hemat energi, membandingkan sistem pencahayaan yang lama, standar SNI dan pedoman Efisiensi energi (UNEP), mengganti jenis lampu yang menghasilkan lumen lebih besar. Dengan melakukan perbandingan tersebut diketahui bahwa Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia sesuai untuk diterapkan disamping lebih menghemat energi Penghematan energi yang diperoleh dari hasil evaluasi sistem pencahayaan pada masing-masing ruangan dan penggantian jenis lampu adalah sebesar 15,588 kw.

Kata kunci: penghematan energi, intensitas penerangan.

SUMMARY

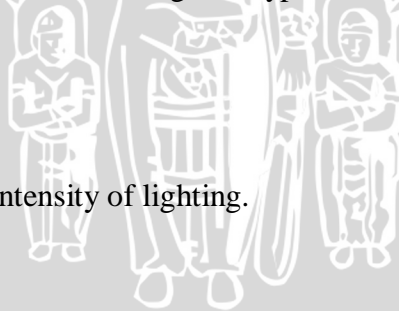
ADY SETYA NUGROHO, Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2010, "*Evaluation System of Lighting in Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang which Economical Energy*". Academic Supervisor: Hery Purnomo dan Soemarwanto.

Energy thrift must do for effisiensi of using energy and reduce from dependence of source energy, which energy can not renewable. The good of lighting and economical energy in Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang very needed for one of method elctric thrift energy with that akan will give safety dan comfortable.

Aspect will be analysis in this skripsi for example is what will to energy thrift in Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang with to evaluation the system of lighting at each room and how much potency energy thrift have got from result of evaluation the system of room lighting.

Energy thrift at Apartemen Menara Soekarno Hatta do with search the standard of lighting which Energy thrift, compare the system old ones of lighting, standard SNI and United Nations Environment Programme (UNEP), to change the type of lamp which produce lumen much more than older. With the comparasions known United Nations Environment Programme (UNEP) suitable for applied and more energy thrift which have got from the result of evaluation the system of lighting at each room and change the type of lamp is 15,588 kw.

Kata kunci: thrift energy, intensity of lighting.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat industri.

Kebutuhan energi listrik yang setiap hari meningkat sedangkan sumber energi utama kita saat ini adalah berasal dari sumber energi tak terbarui dan keberadaannya terbatas, yang tidak bisa bertambah melainkan berkurang dari tahun ke tahun. Salah satu alternatifnya adalah dengan penghematan energi.

Banyaknya perkembangan di kota-kota yang ingin memajukan daerahnya masing-masing, memicu perkembangan pembangunan gedung-gedung di daerah tersebut. Dengan banyaknya penambahan gedung-gedung maka bertambah pula kebutuhan akan energi. Saat ini, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Terjadinya pemutusan sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir merupakan dampak dari terbatasnya energi listrik yang dapat disuplai oleh PLN. Hal ini terjadi karena laju penambahan sumber energi baru dan pengadaan pembangkit energi listrik tidak sebanding dengan peningkatan konsumsi listrik.

Sistem kelistrikan pada bangunan memiliki peranan penting untuk menyalurkan energi dari sumber menuju beban yang ada pada bangunan tersebut. Keandalan dari sebuah sistem kelistrikan tersebut turut menentukan nilai konsumsi energi yang digunakan untuk mensuplai beban yang terpasang.

Pencahayaan yang baik dan hemat energi pada apartemen Menara Soekarno Hatta sangat dibutuhkan sebagai salah satu bentuk penghematan energi listrik dengan itu maka akan memberikan keamanan dan kenyamanan. Dan diharapkan diperoleh sebuah sistem pencahayaan yang sesuai dengan standar pada masing-

masing ruangan dapat menunjang dari semua kegiatan di apartemen Menara Soekarno Hatta Malang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana cara penghematan energi di Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang.
2. Berapa potensi penghematan energi yang diperoleh dari hasil evaluasi pencahayaan ruangan.

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan dalam skripsi ini dibatasi hal - hal sebagai berikut:

1. Evaluasi dilakukan berdasarkan denah dari Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang.
2. Evaluasi dilakukan pada lantai satu sampai lima belas.
3. Evaluasi dilakukan pada sistem pencahayaan lampu.
4. Penghematan energi dilakukan dengan cara pengaturan pencahayaan dan jenis lampu.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah merencanakan sistem pencahayaan di apartemen Menara Soekarno Hatta Malang yang hemat energi.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan pada skripsi ini disusun sebagai berikut:

BAB I : Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II : Membahas prinsip dasar sistem pencahayaan dan penghematan energi.

BAB III : Menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam penyelesaian laporan akhir.

BAB IV : Membahas langkah kerja dalam evaluasi sistem pencahayaan yang hemat energi.

BAB V : Berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan dalam skripsi ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 pembebanan 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:

a. Beban Perumahan

Beban perumahan atau beban residential 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%.

b. 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%.

c. 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%

d. 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% sampai 25%.

2.2 Lampu

2.2.1 Spektrum Cahaya

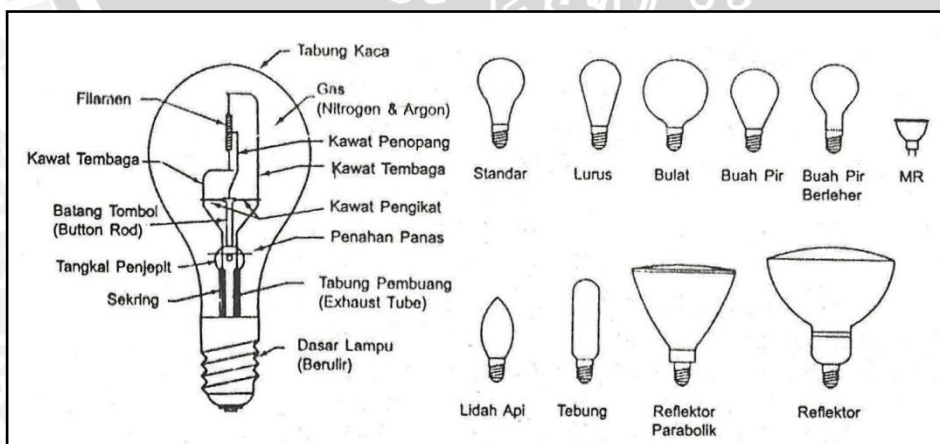
Dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna. Temperatur warna yang lebih besar dari 5300 Kelvin tampak warnanya dingin, 3300 -5300 Kelvin tampak warnanya sedang dan lebih kecil dari 3300 Kelvin tampak warnanya hangat. Untuk perkantoran di Indonesia disarankan memakai temperatur warna lebih besar dari 5300 Kelvin atau antara 3300-5300 Kelvin. Indeks renderasi warna dinyatakan dengan angka 0 sampai dengan 100, dimana angka 100 menyatakan warna benda yang dilihat akan sesuai dengan warna aslinya. Lampu pijar dan lampu halogen mempunyai indeks renderasi warna mendekati 100.

2.2.2 Jenis lampu

Pada saat sekarang, lampu listrik dapat dikategorikan dalam dua golongan, yaitu (SNI 03-6575,2001:14):

a. Lampu pijar

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Gambar lampu pijar seperti pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Lampu Pijar

Sumber : Sistem Bangunan Tinggi

Komponen utama lampu pijar terdiri dari :

- filamen
- bola lampu
- gas pengisi
- kaki lampu (fitting)

Adapun Jenis lampu pijar khusus antara lain:

- Lampu reflector

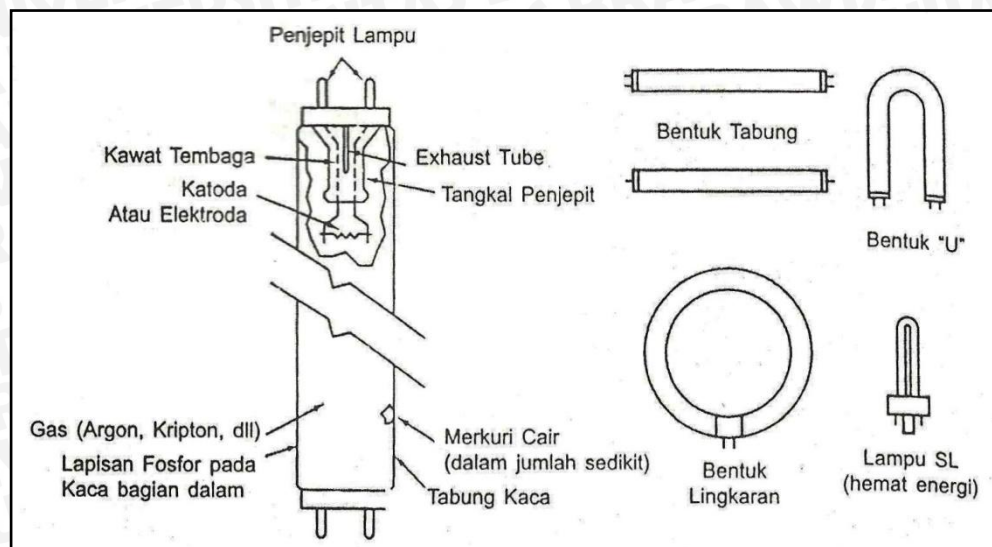
Lampu pijar yang mempunyai reflektor yang terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih. Reflektor dalam tidak boleh rusak, korosi atau terkontaminasi. Ada dua jenis lampu berreflektor yaitu jenis Pressed glass dan jenis Blown bulb

- Lampu Halogen

Lampu Halogen adalah Lampu pijar biasa yang mempunyai filamen temperatur tinggi dan menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu

- b. Lampu pelepasan gas

Lampu ini tidak sama bekerjanya seperti lampu pijar. Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan elektron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi. Kadang-kadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar. Pada umumnya lampu ini tidak dapat bekerja tanpa balast sebagai pembatas arus pada sirkit lampu. Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau tekanan gas rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan memakai merkuri adalah lampu fluoresen tabung atau disebut TL (Tube Lamp) yang seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Berbagai Jenis Lampu Fluoresen

Sumber : Sistem Bangunan Tinggi

Lampu fluoresen tabung dimana sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk fluoresen 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 penyalanyaannya. Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan. Lampu fluoresen 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 (TLE).

Lampu fluoresen mempunyai dua sistem penyalan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Lampu fluoresen jenis tanpa starter antara lain TL-RS, TL-X dan TL-M. Ada dua jenis lampu fluoresen tanpa starter yaitu rapid start dan instant start. 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 lampu fluoresen kompak. Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminus yang sama serta umurnya lebih panjang.

2.3 Beban Penerangan

Untuk menerangi suatu tempat, diperlukan adanya cahaya. Dalam sumber cahaya

buatan, untuk memperoleh cahaya buatan tersebut perlu disediakan energi. Untuk sumber cahaya alami, penyediaan energi itu tidak diperlukan, karena alam yaitu matahari yang menyediakannya. Oleh karena itu, cahaya yang berasal dari sumber cahaya alami perlu dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya meskipun waktunya sangat terbatas, yaitu hanya pada siang hari saja. Namun sayang masih banyak terjadi cahaya alami siang hari tersebut belum dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya. Hal ini dijumpai dengan masih seringnya penggunaan sumber cahaya buatan yaitu listrik pada siang hari.

Cahaya yang berasal dari lampu listrik adalah cahaya buatan, dan seperti yang telah disinggung diatas, untuk memperolehnya diperlukan penyediaan energi. Dengan demikian bahwa, apabila cahaya alami tersebut dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya (meskipun terbatas pada siang hari saja), langkah itu telah dapat ikut dalam usaha penghematan energi.

Intensitas penerangan harus ditentukan di tempat pekerjaan akan dilakukan, bidang pekerjaan umumnya berada 80 cm di atas lantai. Intensitas penerangan ditentukan oleh sifat dan jenis dari pekerjaan yang akan dilakukan dalam ruang tersebut, serta oleh lamanya waktu kerja. Pekerjaan dengan waktu kerja yang panjang dan membutuhkan ketelitian tinggi yang dilakukan dengan bantuan penerangan buatan, memerlukan intensitas penerangan yang besar dengan tingkat kesilauan rendah.

2.3.1 Tingkat pencahayaan/Illuminasi

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. Atau dapat ditulis dengan persamaan (P.Van Harten II,1974:8):

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.1)$$

Dan jika efisiensi penerangannya diketahui, maka persamaannya menjadi :

$$E = \frac{\Phi_{arm} \cdot \eta}{A} \quad (2.2)$$

Dengan:

E : tingkat pencahayaan (lux)

Φ_{arm} : total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan (lumen)

A : luas bidang (m^2)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan tergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan. Kegiatan-kegiatan yang memerlukan ketelitian dan konsentrasi serta dukungan cahaya yang tinggi memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi pula. Tingkat pencahayaan tersebut memiliki standar minimum yang direkomendasikan, salah satunya standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional Indonesia yaitu SNI 03-6575-2001.

Tabel 2.1 Tingkat Pencahayaan yang Direkomendasikan SNI

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Keterangan
Rumah Tinggal:		
Teras	60	
Ruang tamu	120-250	
Ruang makan	120-250	
Ruang kerja	120-250	
Kamar tidur	120-250	
Kamar mandi	250	
Dapur	250	
Garasi	60	
Perkantoran:		
Ruang direktur	350	
Ruang kerja	350	
Ruang komputer	350	Gunakan armatur berkisi-kisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
Ruang rapat	300	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang arsip	150	
Ruang arsip aktif	300	
Lembaga Pendidikan:		
Ruang kelas	250	
Perpustakaan	300	
Laboratorium	500	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Kantin	200	
Hotel dan Restoran:		
Lobby, koridor	100	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ruang makan	250	
Cafeteria	250	
Kamar tidur	150	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur	300	
Pertokoan/Ruang pameran:		
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan	250	
Toko buku dan alat tulis/gambar	300	
Toko perhiasan, arloji	500	
Toko Barang kulit dan sepatu	500	

Toko pakaian	500	
Pasar Swalayan	500	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang
Toko alat listrik	250	
Industri (Umum):		
Ruang Parkir	50	
Gudang	100	
Pekerjaan kasar	100 ~ 200	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	

Sumber: SNI 03-6575-2001

Sedangkan standar tingkat pencahayaan yang diberikan oleh Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia yang telah dipakai secara internasional adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Tingkat Pencahayaan yang Direkomendasikan Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia (UNEP)

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

Sumber : Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia

2.3.2 Luminansi

Luminansi ialah suatu ukuran untuk terang suatu benda. Luminansi yang terlalu besar akan menyilaukan mata.

Luminansi L suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya ialah intensitas cahayanya dibagi dengan luas semu permukaan. Dan persamaannya sebagai berikut (P.Van Harten II,1974:9):

$$L = \frac{I}{A_s} \text{ cd/cm}^2 \quad (2.3)$$

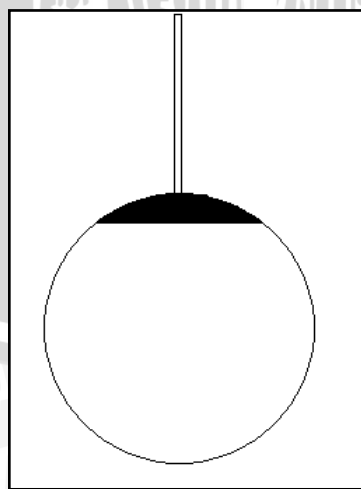
Dengan :

- L : luminansi (cd/cm²)
- I : Intensitas cahaya (cd)
- A_s : luas semu permukaan (cm²)

Faktor refleksi sebuah benda atau bidang juga ikut menentukan besar luminansi. Semakin besar faktor refleksi, maka luminansinya juga semakin besar. Dan sebaliknya, semakin kecil faktor refleksi maka luminansinya semakin kecil.

Luas semu permukaan ialah luas proyeksi sumber cahaya pada suatu bidang rata yang tegak lurus pada arah pandang, jadi bukan luas permukaan seluruhnya.

Untuk sebuah armatur bola, luas semu permukaannya sama dengan luas lingkaran besar bola itu, seperti pada gambar 2.1 (P.Van Harten II,1974:10).

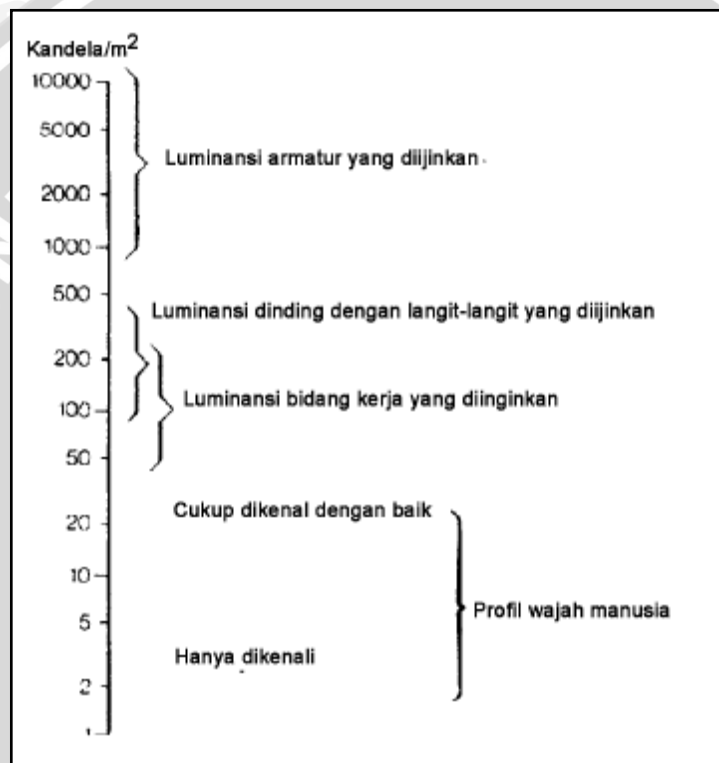


Gambar 2.3 Armatur Bola

Sumber : P. Van Harten, 1974 : 10

Distribusi luminansi didalam medan penglihatan harus diperhatikan sebagai pelengkap keberadaan nilai tingkat pencahayaan di dalam ruangan. Hal penting yang harus diperhatikan pada distribusi luminansi sebagai berikut (SNI 03-6575,2001:7):

- a. Rentang luminasi permukaan langit-langit dan dinding.
- b. Distribusi luminansi bidang kerja.
- c. Nilai maksimum luminansi armatur (untuk menghindari kesilauan).
- d. Skala luminansi untuk pencahayaan interior dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.4 Skala Luminansi untuk Pencahayaan Interior
 Sumber: SNI 03-6575-2001

2.3.3 Klasifikasi Sistem Pencahayaan

Sistem pencahayaan dapat dibedakan menjadi 5 jenis sistem, yaitu (Departemen Pekerjaan Umum,1977:17):

- **Sistem pencahayaan tidak langsung**

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Agar seluruh langit-langit dapat menjadi sumber cahaya, perlu diberikan perhatian dan pemeliharaan

yang baik. Keuntungan sistem ini adalah tidak menimbulkan bayangan dan kesilauan sedangkan kerugiannya mengurangi efisien cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

- **Sistem pencahayaan setengah tidak langsung**

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, sedangkan sisanya diarahkan ke bagian bawah. Untuk hasil yang optimal disarankan langit-langit perlu diberikan perhatian serta dirawat dengan baik. Pada sistem ini masalah bayangan praktis tidak ada serta kesilauan dapat dikurangi.

- **Sistem pencahayaan difus**

Pada sistem ini setengah cahaya 40-60% diarahkan pada benda yang perlu disinari, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dalam pencahayaan sistem ini termasuk sistem *direct-indirect* yakni memancarkan setengah cahaya ke bawah dan sisanya keatas. Pada sistem ini masalah bayangan dan kesilauan masih ditemui.

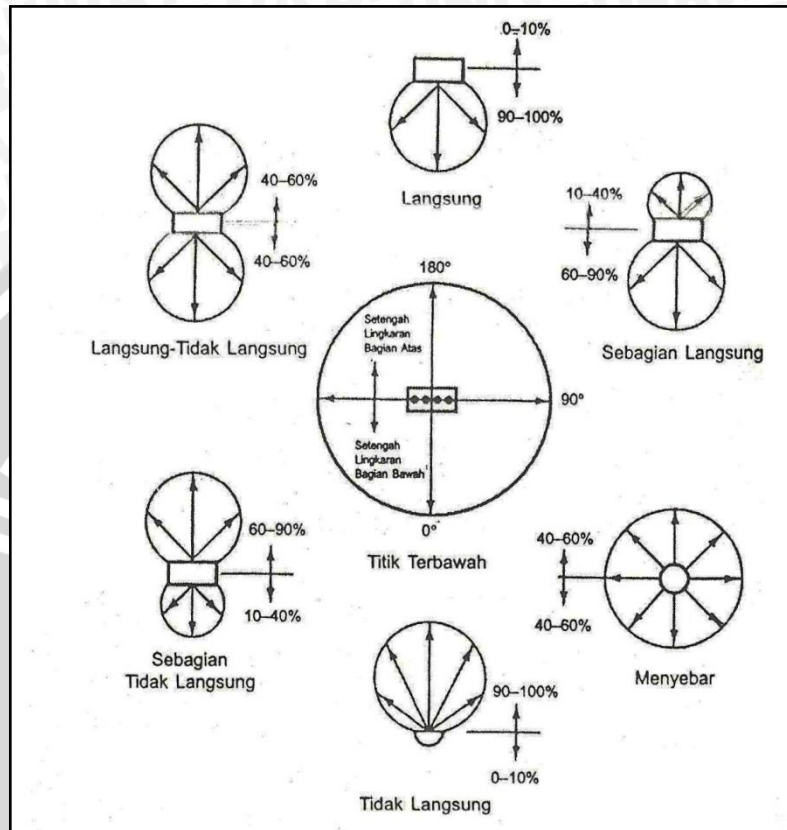
- **Sistem pencahayaan setengah langsung**

Pada sistem ini 60-90% cahaya diarahkan langsung pada benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Dengan sistem ini kelemahan sistem pencahayaan langsung dapat dikurangi. Diketahui bahwa langit-langit dan dinding yang dipelster putih memiliki efisien pemantulan 90%, sedangkan apabila dicat putih efisien pemantulan antara 5-90%.

- **Sistem pencahayaan langsung**

Pada sistem ini 90-100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda yang perlu diterangi. Sistem ini dinilai paling efektif dalam mengatur pencahayaan, tetapi ada kelemahannya karena dapat menimbulkan bahaya serta kesilauan yang mengganggu, baik karena penyinaran langsung maupun karena pantulan cahaya. Untuk efek yang optimal, disarankan langit-langit, dinding serta benda yang ada didalam ruangan perlu diberi warna cerah agar tampak menyegarkan.

Penempatan lampu dengan berbagai jenis reflektor akan menyebabkan perbedaan arah cahaya yang dihasilkan yang seperti tampak pada gambar 2.5 :



Gambar 2.5 Distribusi Cahaya
Sumber : Sistem Bangunan Tinggi

2.3.4 Sistem Penerangan dan Armatur

Penyebaran cahaya dari sumber cahaya tergantung pada konstruksi sumber cahaya itu sendiri dan pada konstruksi armatur yang digunakan. Armatur adalah rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendali listrik. Konstruksi armatur antara lain ditentukan oleh (P.Van Harten II,1974:23):

- Cara pemasangannya pada dinding atau langit-langit.
- Cara pemasangan fitting atau fitting-fitting di dalam armatur.
- Perlindungan sumber cahayanya.
- Penyesuaian bentuknya dengan lingkungan.

e. Penyebaran cahayanya.

Sebagian besar dari cahaya yang ditangkap oleh mata, tidak datang langsung dari sumber cahaya, tetapi setelah dipantulkan oleh lingkungan. Karena besarnya luminansi sumber-sumber cahaya modern, cahaya langsung dari sumber cahaya biasanya akan menyilaukan mata. Karena itu bahan-bahan armatur harus dipilih demikian rupa sehingga sumber cahayanya terlindung dan cahayanya terbagi secara tepat.

Untuk memilih armatur yang akan digunakan, perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang berhubungan dengan pencahayaan, sebagai berikut (SNI 03-6575, 2001:20):

- a. Distribusi intensitas cahaya.
- b. Efisiensi cahaya.
- c. Koefisien penggunaan.
- d. Perlindungan terhadap kejutan listrik.
- e. Ketahanan terhadap masuknya air dan debu.
- f. Ketahanan terhadap timbulnya ledakan dan kebakaran.
- g. Kebisingan yang ditimbulkan.

2.3.5 Faktor-faktor Refleksi

Faktor-faktor refleksi r_w dan r_p masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit, dan kemudian mencapai bidang kerja.

Faktor refleksi semu bidang pengukuran atau bidang kerja r_m , ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi bagian dinding antara bidang kerja dan lantai. Umumnya r_m ini diambil 0,1. Langit-langit dan dinding berwarna terang memantulkan 50-70% dan yang berwarna gelap 10-20%.

Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil daripada pengaruhnya pada sistem-sistem penerangan lainnya. Sebab cahaya yang jatuh di langit-langit dan dinding hanya sebagian kecil saja dari fluks cahaya. Tabel 2.2 memperlihatkan faktor refleksi beberapa permukaan untuk cahaya putih.

Tabel 2.3 Faktor Refleksi Beberapa Permukaan

Faktor refleksi beberapa permukaan untuk cahaya putih	
Plesteran putih (baru, kering)	0,70 – 0,80
Plesteran putih (lama)	0,30 – 0,60
Cat air putih	0,65 – 0,75
Cat minyak putih	0,75 – 0,85
Cat aluminium	0,60 – 0,75
Beton (baru)	0,40 – 0,50
Beton (lama)	0,05 – 0,15
Batu bata (baru)	0,10 – 0,30
Batu bata (lama)	0,05 – 0,15
Papan serat kayu (kuning gading, baru)	0,50 – 0,60
Papan serat kayu (kuning gading, lama)	0,30 – 0,40
Kayu berk dan esdoorn, warna muda	0,55 – 0,65
Kayu eik, diberi lak warna muda	0,40 – 0,50
Kayu eik, diberi lak warna gelap	0,15 – 0,40
Kayu mahoni	0,15 – 0,40
Gorden kuning	0,30 – 0,45
Gorden merah	0,10 – 0,20
Gorden biru	0,10 – 0,20
Gorden perak-kelabu	0,15 – 0,25
Gorden coklat tua	0,10 – 0,20
Beledru hitam	0,005 – 0,01
Reflectal	0,95 – 0,98
Perak (dipoles)	0,88 – 0,93
Email (putih)	0,65 – 0,75
Nikel (dipoles)	0,53 – 0,63
Nikel (buram)	0,48 – 0,52
Aluminium (dipoles)	0,65 – 0,75
Aluminium (buram)	0,55 – 0,60
Aluminium ("Alzac")	0,80 – 0,85
Tembaga	0,48 – 0,50
Krom (dipoles)	0,60 – 0,70
Krom (buram)	0,52 – 0,55
Kaleng	0,68 – 0,70

Sumber : P. Van Harten, 1974:II-27

Dalam tabel 2.4 efisiensi penerangannya dengan armatur penerangan langsung diberikan untuk tiga nilai r_p yang berbeda. Pada setiap nilai r_p terdapat tiga nilai r_w . Untuk faktor refleksi dinding r_w ini dipilih suatu nilai rata-rata, sebab pengaruh gorden dan sebagainya sangat besar.

Tabel 2.4 Efisiensi Penerangan Langsung

		Efisiensi Penerangan untuk Keadaan Baru									Faktor Depresiasi		
k	r _p	0,7			0,5			0,3			1th	2th	3th
		r	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3			
		r _m											
0,	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1				
5	8	3	9	9	3	9	7	2	9				
0,	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	Pengotoran ringan			
6	3	8	4	2	8	4	2	8	4				
0,	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,90	0,80	0,75	
8	2	6	3	1	6	2	0	6	2				
1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3				
8	3	0	7	3	9	6	2	9					
1,	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	Pengotoran			
2	2	8	4	1	7	4	0	6	3	sedang			
1,	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,80	0,75	0,70	
5	6	2	9	5	2	9	4	1	8				
2	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
1	8	5	0	7	4	9	6	4					
2,	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	Pengotoran berat			
5	4	1	9	3	0	8	2	9	7				
3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	x	x	X	
6	4	1	5	3	1	4	2	0					
4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
9	7	5	8	6	4	6	5	3					
5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6				
1	9	7	9	8	6	8	6	5					

Sumber: P. Van Harten,1974:II-43

Sedangkan untuk armatur penerangan sebagian besar langsung memiliki nilai r_p yang berbeda pula. Tabel 2.5 menunjukkan efisiensi penerangannya dengan armatur penerangan sebagian besar langsung.



Tabel 2.5 Efisiensi Penerangan Sebagian besar Langsung

k	Efisiensi Penerangan untuk Keadaan Baru									Faktor Depresiasi		
	r_p	0,7		0,5		0,3				1th	2th	3th
r	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	n	n	n
w												
r_m	0,1			0,1			0,1					
0,	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
5	2	6	2	9	4	1	7	3	0			
0,	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	Pengotoran ringan		
6	7	1	7	5	0	6	2	8	5			
0,	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,90	0,80	0,75
8	6	1	6	3	8	5	0	6	3			
1	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3			
	3	8	4	9	5	2	6	2	9			
1,	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	Pengotoran sedang		
2	8	2	8	4	9	6	0	6	3			
1,	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,80	0,75	0,70
5	2	8	4	8	4	1	4	1	8			
2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
	8	4	0	3	9	7	8	5	3			
2,	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	Pengotoran berat		
5	1	7	4	6	3	0	1	9	7			
3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	x	x	X
	3	0	7	8	5	3	3	1	9			
4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6			
	6	4	1	1	9	7	5	4	2			
5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6			
	8	6	4	2	1	9	7	5	4			

Sumber: P. Van Harten,1974:II-44

Jika nilai k yang diperoleh tidak ada dalam tabel maka untuk menentukan efisiensi penerangan menggunakan interpolasi :

$$\eta = \eta_{k \text{ kecil}} + \frac{k - k_{\text{kecil}}}{k_{\text{besar}} - k_{\text{kecil}}} (\eta_{k \text{ besar}} - \eta_{k \text{ kecil}}) \quad (2.4)$$



2.4 Perhitungan Intensitas Penerangan

Perhitungan intensitas penerangan dapat dilakukan dengan menentukan langkah-langkah sebagai berikut (P.Van Harten II,1974:48):

a. Menentukan data ukuran ruangan :

- Panjang dan lebar ruangan (m)
- Tinggi ruangan (m)
- Tinggi bidang kerja (m)

b. Menentukan faktor indeks ruang :

$$k = \frac{A}{t(p+l)} \quad (2.5)$$

Dengan :

k : faktor indeks ruang

t : tinggi lampu dari bidang kerja (m)

p : panjang ruang (m)

l : lebar ruang (m)

A : Luas ruangan (m²)

c. Menentukan faktor refleksi berdasarkan sistem pencahayaan yang digunakan. Faktor-faktor refleksi r_w dan r_p masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit, dan kemudian mencapai bidang kerja.

Faktor refleksi semu bidang pengukuran atau bidang kerja r_m , ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi bagian dinding antara bidang kerja dan lantai. Umumnya r_m ini diambil 0,1. Langit-langit dan dinding berwarna terang memantulkan 50-70% dan yang berwarna gelap 10-20%.

Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil daripada pengaruhnya pada sistem-sistem penerangan lainnya. Sebab cahaya yang jatuh di langit-langit dan dinding hanya sebagian kecil saja dari fluks cahaya.

Dalam Tabel 2.2 dan 2.3 efisiensi penerangannya diberikan untuk tiga nilai r_p yang berbeda,. Pada setiap nilai r_p terdapat tiga nilai r_w . Untuk faktor refleksi dinding r_w ini dipilih suatu nilai rata-rata, sebab pengaruh gorden dan sebagainya sangat besar.

d. Menentukan besar fluks cahaya(Φ) dari jenis lampu yang akan dipergunakan, industri produsen lampu mengeluarkan daftar ini.

e. Menentukan faktor depresiasi (d).

Faktor depresiasi atau faktor penyusutan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu pengotoran ringan pada keadaan hamper tidak berdebu, pengotoran biasa pada keadaan debu ringan dan pengotoran berat pada keadaan banyak debu. Untuk keadaan yang baru diketahui digunakan faktor depresiasi 1.

f. Perhitungan jumlah lampu yang diperlukan (n):

$$n = \frac{E_M \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d} \tag{2.6}$$

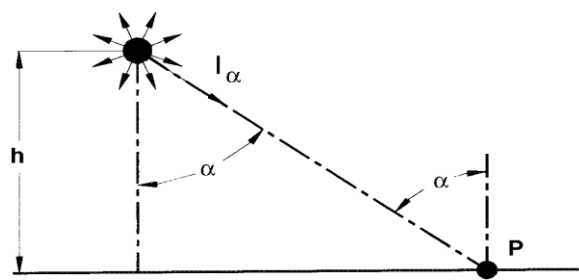
Dengan :

- n : jumlah lampu
- E_M : illuminansi (lux)
- Φ : flux cahaya tiap lampu (lumen)
- η : efisiensi penerangan
- d : faktor reduksi

g. Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung

$$\text{Dengan : } E_p = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \dots (\text{lux}) \tag{2.7}$$

- I_α : intensitas cahaya pada sudut α (kandela).
- h : tinggi armatur diatas bidang kerja (meter).



Gambar 2.6 Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik.

Sumber: SNI 03-6575-2001

Jika terdapat beberapa armatur, maka tingkat pencahayaan tersebut merupakan penjumlahan dari tingkat pencahayaan yang diakibatkan oleh masing-masing armatur.

- h. Kuat penerangan rata-rata:

$$E_{\text{Rata-rata}} = \frac{\sum_{x=1}^n E_x}{n} \quad (2.8)$$

2.5 Penghematan Energi

Penghematan energi adalah kemampuan untuk menggunakan lebih sedikit energi untuk menjalankan fungsi dan kinerja yang sama. Perkembangan teknologi yang begitu pesat menghasilkan peralatan yang membantu kerja manusia dalam melakukan aktivitas. Dan sebagian besar alat tersebut menggunakan sumber energi baik berupa listrik maupun bahan bakar lain untuk menjalankan fungsinya. Perkembangan jumlah alat yang dihasilkan tidak diimbangi dengan pertumbuhan sumber energi yang tersedia, hal ini menuntut kita dalam melakukan penghematan energi.

Penghematan energi dapat dicapai melalui berbagai cara, antara lain dengan meningkatkan perawatan dan penggunaan peralatan hemat energi. Dengan menerapkan program efisiensi energi, dapat menghemat biaya penggunaan energi. Selain menekan biaya penggunaan energi, efisiensi energi juga memberikan solusi yang sangat menguntungkan untuk upaya peningkatan kenyamanan. Ketika Anda menghemat biaya energi, dalam periode tertentu, akan tersedia dana yang cukup untuk melakukan perbaikan fasilitas. Banyak cara untuk

menerapkan tindakan-tindakan penghematan dengan sukses dalam sebuah bangunan gedung atau ruang tanpa harus mengurangi kualitas pelayanan yang diberikan kepada pengguna.

2.5.1 Langkah Penghematan Energi

Untuk melakukan penghematan energi terutama energi listrik yang dikonsumsi pada sebuah gedung atau bangunan berkaitan dengan sistem instalasi dan beban yang terpasang pada sistem tersebut perlu dilakukan langkah-langkah penghematan energi.

2.5.1.1 Penerangan

Langkah-langkah penghematan energi pada sistem instalasi penerangan yang merupakan beban terbanyak dari sebuah sistem instalasi adalah sebagai berikut:

a. Lampu hemat energi

- Penggantian Lampu Pijar dengan lampu hemat energi

Langkah penghematan energi pada bagian penerangan (lighting) yang dapat langsung dilakukan adalah dengan cara mengganti lampu pijar berdaya besar dengan lampu hemat energi (LHE) dengan luminasi cahaya sama terangnya namun daya lebih rendah. Penghematan energi dengan metode ini dapat menghemat pemakaian daya 50-70% lebih rendah.

- Penggunaan ballast dengan losses rendah

Ballast jenis ini mempunyai keunikan khusus, yaitu sistem bekerjanya tidak lagi menggunakan gulungan (kumparan) kawat pada suatu inti besi, tetapi telah diganti dengan sistem rangkaian elektronik sehingga besarnya rugi-rugi pada inti besi, pada kumparan menjadi tidak ada lagi, dan hanya sedikit rugi saja karena rangkaian. Inilah yang paling menguntungkan dalam penghematan energi listrik yang diserapnya. Keuntungan lain yang didapat adalah dapat diatur konsumsi arus listriknya dengan tetap mempertahankan besar tegangan yang diinginkan, sehingga ballast elektronik dapat digunakan untuk sistem pengaturan energi listrik sesuai yang dibutuhkan pada suatu ruangan. Dengan sistem sirkuit elektronik maka ballast menjadi lebih ringan dan lebih kecil dibandingkan dengan ballast konvensional (sistem gulungan kawat).

- Optimasi flux dalam penggunaan lampu hemat energi

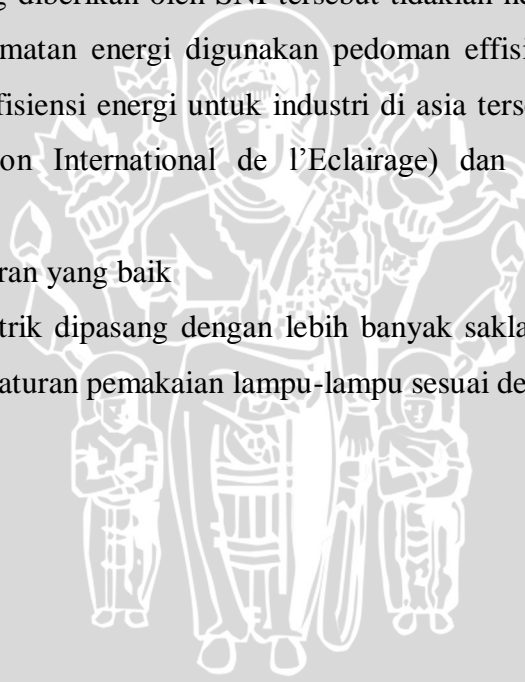
Penerangan dapat menimbulkan panas yang berlebihan pada suatu ruangan. Gunakan lampu dengan tipe compact fluorescent (CFL) yang hanya mengkonsumsi 75% energi dan menimbulkan 70-80% lebih sedikit panas. Lampu pijar biasa memberikan 10% penerangan dan 90% panas sedangkan lampu compact fluorescent memberikan 90% cahaya dan 10% panas. Untuk disesuaikan juga lampu yang dipakai dengan tingkat luminasi ruangan sesuai dengan kebutuhan.

- Menggunakan standar pencahayaan hemat energi

Standar pencahayaan yang ditetapkan oleh SNI (Standar Nasional Indonesia) dalam prakteknya terlalu terang dan terlalu banyak menumpuk lampu maka bisa dikatakan standar yang diberikan oleh SNI tersebut tidaklah hemat energi. Maka sebagai solusi penghematan energi digunakan pedoman efisiensi energi untuk industri di asia dan efisiensi energi untuk industri di asia tersebut juga berdasar pada CIE (Commission International de l'Eclairage) dan IES (Illuminating Engineers Society).

- Sistem pensaklaran yang baik

Sebaiknya instalasi listrik dipasang dengan lebih banyak saklar sehingga mudah untuk melakukan pengaturan pemakaian lampu-lampu sesuai dengan kebutuhan.



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pembahasan penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

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

- a. Mempelajari dasar-dasar tentang sistem kelistrikan.
- b. Mempelajari tipe-tipe beban.
- c. Mempelajari tentang pencahayaan ruangan.
- d. dan semua yang menunjang dalam penyusunan skripsi ini.

3.2 Pengambilan Data

Data yang diambil berupa data sekunder. Data yang diambil adalah desain apartemen. Adapun data yang dibutuhkan adalah

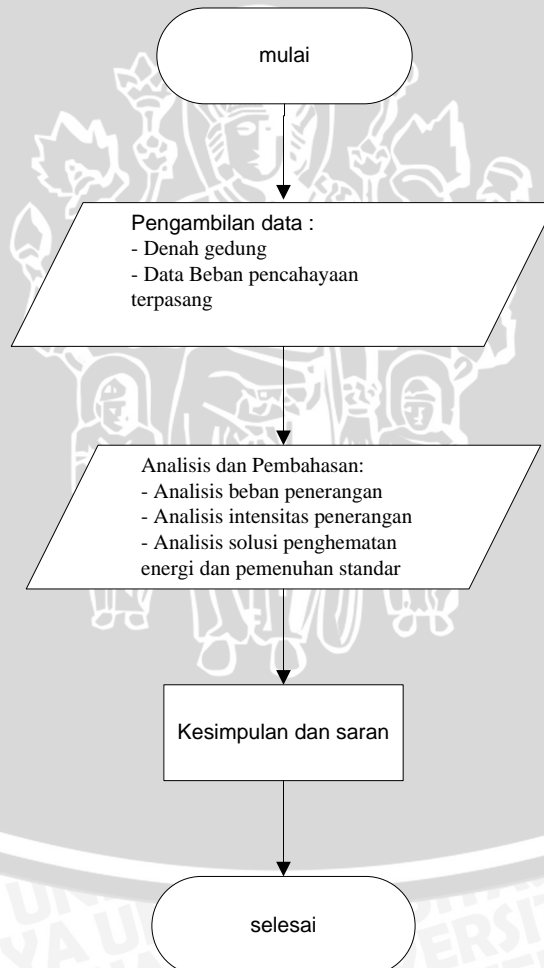
1. Denah bangunan.
2. Luas pada masing-masing ruangan.
3. Data beban penerangan yang terpasang pada masing-masing ruangan.

3.3 Analisis dan Pembahasan

Setelah data terkumpul, maka dianalisis sesuai dengan teori-teori dan literatur. Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam evaluasi sistem pencahayaan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang yang hemat energi adalah sebagai berikut :

- repository.ub.ac.id
1. Analisis beban lampu yang terpasang pada masing – masing ruangan.
Ruangan pada Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang memiliki dimensi dan fungsi yang berbeda-beda sehingga jumlah dan jenis beban penerangan yang dipergunakan juga berbeda.
 2. Analisis intensitas penerangan meliputi perhitungan intensitas penerangan rata-rata dan kuat pencahayaan yang merata.
 3. Analisis solusi penghematan energi dan pemenuhan standar yang harus dilakukan untuk mencapai penghematan energi.

Metodologi penelitian dalam skripsi ini dapat digambarkan pada *flowchart* seperti di bawah ini :



Gambar 3.1. Langkah kerja Evaluasi Sistem Pencahayaan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang

3.4 Penutup

Dalam bagian penutup ini akan dilakukan pengambilan kesimpulan dari hasil analisis sehingga dapat diketahui pemakaian energi listrik dan mendapatkan upaya dalam penghematan energi.



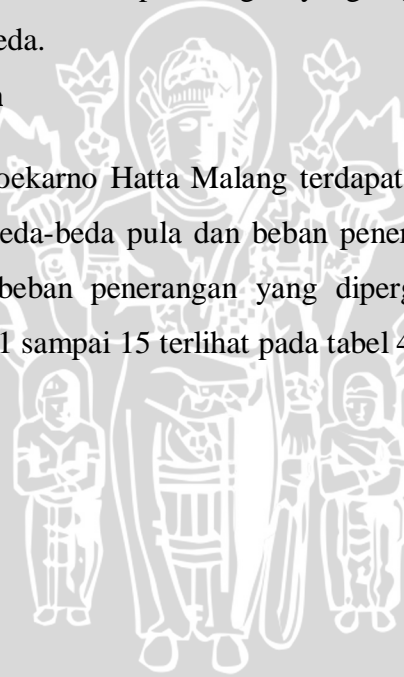
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisis Beban Penerangan

Sebelum dilakukan analisis tentang beban penerangan yang terdapat pada apartemen Menara Soekarno Hatta Malang, terlebih dahulu akan dijelaskan jenis beban penerangan yang terdapat di apartemen Menara Soekarno Hatta Malang. Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang ini tidak hanya berfungsi sebagai penginapan saja. Pada apartemen Menara Soekarno Hatta Malang terdapat tempat untuk fitness, perpustakaan dan lainnya. Dengan adanya perbedaan fungsi pada ruangan tersebut, maka jenis beban penerangan yang digunakan dan intensitas pencahayaannya akan berbeda.

4.1.1 Beban Penerangan

Pada apartemen Menara Soekarno Hatta Malang terdapat banyak ruangan yang memiliki fungsi yang berbeda-beda pula dan beban penerangan yang digunakan juga berbeda, jenis-jenis beban penerangan yang dipergunakan pada masing-masing ruangan dari lantai 1 sampai 15 terlihat pada tabel 4.1.



Tabel 4.1 Beban Penerangan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang

No.	Jenis Ruangan	Jumlah Ruangan	Beban Penerangan	Lantai
1	Rentail Shop	7	3 buah 2×36W (TL-D)	1
2	Lobby	1	6 buah 18 W (SL-E) dan 1 buah 18 W (PL-C)	1
3	Library	1	3 buah 2×36W (TL-D)	1
4	Mini Market	1	8 buah 2×36W (TL-D)	1
5	Food Courd	1	9 buah 2×36W (TL-D)	1
6	Fitnes Center	1	7 buah 2×36W (TL-D)	1
7	Resto	1	12 buah 2×36W (TL-D)	2
8	Lorong	2	4 buah 18 W (SL-E) dan 4 buah 18 W (PL-C)	2
9	Lobby	1	6 buah 18 W (SL-E), 1 buah 18 W (PL-C) dan 4 buah 70 W (metal halide)	2
10	Unit Tipe 1	30	3 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	2
11	Unit Tipe 2	28	4 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	2
12	Resto	1	13 buah (2×36W) (TL-D)	3
13	Lorong	2	4 buah 18 W (SL-E) dan 4 buah 18 W (PL-C)	3
14	Lobby	1	12 buah 18 W (SL-E) dan 1 buah 18 W (PL-C)	3
15	Unit Tipe 1	30	3 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	3
16	Unit Tipe 2	28	4 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	3
17	Resto	1	19 buah (2×36W) (TL-D)	4
18	Lorong	2	4 buah 18 W (SL-E) dan 4 buah 18 W (PL-C)	4
19	Lobby	1	12 buah 18 W (SL-E) dan 1 buah 18 W (PL-C)	4
20	Unit Tipe 1	30	3 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	4
21	Unit Tipe 2	28	4 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	4
22	Lorong	2	4 buah 18 W (SL-E) dan 4 buah 18 W (PL-C)	5-15
23	Lobby	1	12 buah 18 W (SL-E) dan 1 buah 18 W (PL-C)	5-15
24	Unit Tipe 1	30	3 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	5-15
25	Unit Tipe 2	28	4 buah 18 W (SL-E), 1 buah 8 W (SL-E) dan 1 buah 8 W (SL-E wall lamp)	5-15

Sumber : Denah Apartemen

4.2 Perhitungan Intensitas Penerangan

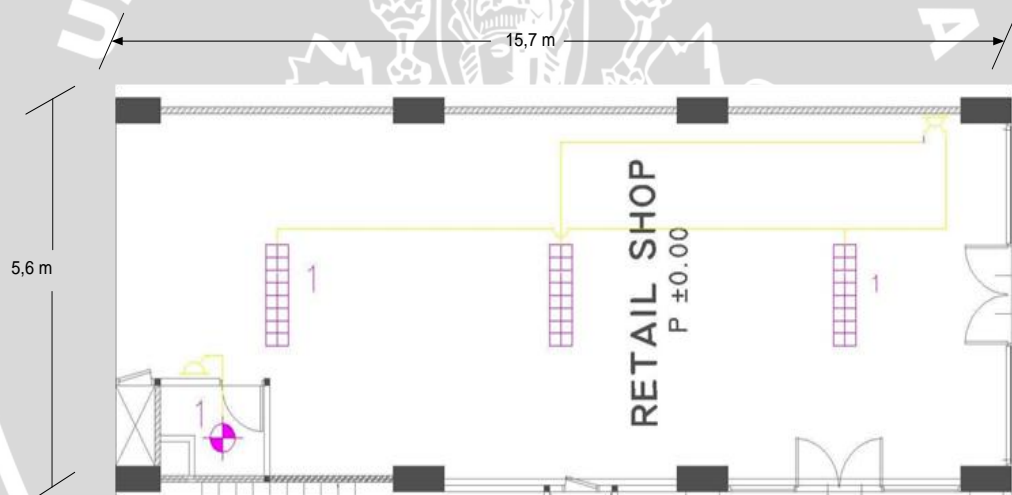
Intensitas penerangan ditentukan oleh sifat dan jenis dari pekerjaan yang akan dilakukan dalam ruang tersebut, serta oleh lamanya waktu kerja. Sehingga perlu adanya perhitungan intensitas penerangan pada tiap-tiap ruangan.

4.2.1 Perhitungan intensitas penerangan lantai 1

Untuk melakukan perhitungan intensitas penerangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$E = \frac{\Phi_{arm} \cdot n \cdot \eta}{A}$$

Dengan denah ruangan retail shop terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bentuk Desain dan Peletakan Titik Lampu Dari Retail Shop
Sumber : Denah Apartemen

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa ruangan retail shop memiliki dimensi sebagai berikut :

panjang = 15,7 m

lebar = 5,6 m

tinggi = 2,75 m

Pada ruangan ini terdapat barang-barang sehingga memiliki bidang kerja, nilai bidang kerja yang standar adalah 0,8 m.

$$t_{\text{eff}} = 2,75 - 0,8 = 1,95 \text{ m}$$

Dalam perancangannya menggunakan lampu jenis *Fluorescent Lamps* (FL) dalam hal ini digunakan produk dari lampu philips dengan merk tertentu yaitu TL-D *standard colour* 36 W/55, dengan jenis armature TBS 330, yang terdapat dua lampu pada tiap armature dan lumen yang dihasilkan $2 \times 2500 = 5000$ lumen. Bentuk lampu dan armaturenya seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bentuk Lampu Beserta Armatur yang Digunakan
Sumber : Philips Catalogue

Pada ruangan ini menggunakan sistem penerangan langsung sehingga dengan luas ruangan :

$$A = p \cdot l$$

$$= 15,7 \cdot 5,6$$

$$A = 87,92 \text{ m}$$

Maka faktor indeks ruangnya dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 adalah :

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{A}{t(p+l)} \\
 &= \frac{87,92}{1,95(15,7 + 5,6)} \\
 &= 2,11
 \end{aligned}$$

Menentukan faktor refleksi berdasarkan warna dinding dan langit-langit ruangan dengan warna dinding dan langit-langit adalah putih, maka dengan menggunakan tabel 2.3 diperoleh data sebagai berikut :

$$r_p = 0,7 \quad r_w = 0,5 \quad r_m = 0,1$$

Kemudian ditentukan nilai efisiensi penerangannya yang diperoleh dari Tabel dengan melihat nilai k , r_p , r_w dan r_m .

Dari tabel 2.4 dapat dibaca :

$$\text{Untuk } k = 2 \quad : \eta = 0,68$$

$$\text{Untuk } k = 2,5 \quad : \eta = 0,71$$

Untuk efisiensi penerangan dengan $k = 2,11$ maka ditentukan dengan cara interpolasi dengan menggunakan persamaan 2.4 adalah :

$$\eta = 0,68 + \frac{2,11 - 2}{2,5 - 2} (0,71 - 0,68) = 0,69$$

Setelah diperoleh effisiensinya maka dapat dihitung intensitas penerangannya dengan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{\Phi_{armature} \cdot n \cdot \eta}{A} \\
 &= \frac{5000 \cdot 3 \cdot 0,69}{87,92} \\
 &= 120,7180001 = 120,72 \text{ lux}
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001, tingkat pencahayaan minimum pada ruang pertokoan adalah sebesar 500 lux. Sedangkan data hasil pengukuran intensitas cahaya dalam rentail shop tingkat pencahayaan rata-ratanya hanya sebesar 120,72 lux, ini jelas tidak memenuhi standar yang ada. Perbandingan

tingkat pencahayaan ruang lain hasil perhitungan dan standar SNI 03-6575-2001 ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruangan Pada Lantai 1

Ruang	Intensitas Penerangan (lux)			Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)
	Perhitungan	Standar	Selisih	
Rentail Shop	120,72	500	-379,28	Tidak Memenuhi
Toilet Retail Shop	38,67	250	211,33	Tidak Memenuhi
Lobby	67,9	100	-32,1	Tidak Memenuhi
Library	117,21	300	-182,79	Tidak Memenuhi
Mini Market	167,1	500	-332,9	Tidak Memenuhi
Food Courd	187,98	100	87,98	Memenuhi
Fitnes Center 1	164,30	250	-85,7	Tidak Memenuhi
Fitnes Center 2	123,88	250	-126,12	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.2 banyak ruangan yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001 dan hanya ada satu ruangan yang memenuhi standar SNI yaitu pada food courd yang memiliki intensitas penerangan 87,98 lux lebih besar dari standar SNI 03-6575-2001, sedangkan pada ruangan yang lain kurang dari standar sehingga perlu adanya perancangan ulang pada sistem pencahayaan.

4.2.2 Perhitungan intensitas penerangan lantai 2

Pada lantai 2 memiliki intensitas penerangan ruangan yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruangan Pada Lantai 2

Ruang	Intensitas Penerangan (lux)			Keterangan (memenuhi/tidak
	Perhitungan	Standar	Selisih	

				memenuhi standar)
Resto	181,57	250	-68,43	Tidak Memenuhi
Resto atas	171,63	250	-78,37	Tidak Memenuhi
Lorong	43,55	125	-81,45	Tidak Memenuhi
Lobby				
Lobby 1	300,76	100	200,76	Memenuhi
Lobby 2	67,9	100	-32,1	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 1				
Kamar	43,65	120	-76,35	Tidak Memenuhi
R. Tengah	104,40	50	54,4	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 2				
Kamar	48,75	120	-71,25	Tidak Memenuhi
R. Tengah 1	69,84	50	19,84	Memenuhi
R. Tengah 2	104,40	50	54,4	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.3 banyak ruangan yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, pada restoran dan lorong keduanya tidak memenuhi standar dan pada unit apartemen banyak ruangan yang kurang dari standar hanya ruang tengah yang memenuhi standar SNI 03-6575-2001, pada apartemen unit 1 di ruang tengah memiliki intensitas penerangan ruangan 54,4 lux lebih besar dari standar dan pada apartemen unit 2 pada ruang tengah 1 dan ruang tengah 2 memiliki intensitas penerangan lebih besar dari standar. Sehingga perlu adanya perancangan ulang pada sistem pencahayaan.

4.2.3 Perhitungan intensitas penerangan lantai 3

Pada lantai 3 memiliki intensitas penerangan ruangan yang terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruangan Pada Lantai 3

Ruangan	Intensitas Penerangan (lux)			Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)
	Perhitungan	Standar	Selisih	

Resto	198,08	250	-57,92	Tidak Memenuhi
Resto atas	171,63	250	-78,37	Tidak Memenuhi
Lorong	43,55	125	-81,45	Tidak Memenuhi
Lobby	93,85	100	-6,15	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 1				
Kamar	43,65	120	-76,35	Tidak Memenuhi
R. Tengah	104,40	50	54,4	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 2				
Kamar	48,75	120	-71,25	Tidak Memenuhi
R. Tengah 1	69,84	50	19,84	Memenuhi
R. Tengah 2	96,37	50	46,37	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.4 dengan desain ruangan yang hampir sama dengan lantai 2 dan tampak pada restoran dan lorong tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, dan untuk unit apartemen dengan desain yang sama, maka hanya pada ruang tengah yang memenuhi standar SNI 03-6575-2001. Sehingga perlu adanya perencanaan ulang pada sistem pencahayaan.

4.2.4 Perhitungan intensitas penerangan lantai 4

Pada lantai 4 memiliki intensitas penerangan ruangan yang terlihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruangan Pada Lantai 4

Ruang	Intensitas Penerangan (lux)			Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)
	Perhitungan	Standar	Selisih	

Resto	253,77	250	-57,92	Memenuhi
Lorong	43,55	125	-81,45	Tidak Memenuhi
Lobby	93,85	100	-6,15	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 1				
Kamar	43,65	120	-76,35	Tidak Memenuhi
R. Tengah	104,40	50	54,4	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 2				
Kamar	48,75	120	-71,25	Tidak Memenuhi
R.Tengah 1	69,84	50	19,84	Memenuhi
R.Tengah 2	96,37	50	46,37	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan

Pada lantai 4 ini sama seperti pada lantai 2 dan 3 yaitu pada restoran, lorong dan unit apartemen tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001. Sehingga perlu adanya perencanaan ulang pada sistem pencahayaan.

4.2.5 Perhitungan intensitas penerangan lantai 5-15

Pada lantai 5 sampai 15 memiliki desain dan sistem penerangan yang sama, intensitas penerangan ruangan yang terlihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Intensitas Penerangan Ruangan Pada Lantai 5 sampai 15

Ruang	Intensitas Penerangan (lux)			Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)
	Perhitungan	Standar	Selisih	

Lorong	43,55	125	-81,45	Tidak Memenuhi
Lobby	93,85	100	-6,15	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 1				
Kamar	43,65	120	-76,35	Tidak Memenuhi
R. Tengah	104,40	50	54,4	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi
Unit Tipe 2				
Kamar	48,75	120	-71,25	Tidak Memenuhi
R. Tengah 1	69,84	50	19,84	Memenuhi
R. Tengah 2	96,37	50	46,37	Memenuhi
Km. Mandi	39,44	250	-210,56	Tidak Memenuhi
Teras	185,58	60	-125,58	Tidak Memenuhi

Sumber : Perhitungan

Pada lantai 5 memiliki desain arsitektur yang sama dengan lantai atasnya sampai lantai 15, di lantai ini tidak terdapat restoran dan hanya terdapat unit apartemen saja yang sistem pencahayaannya sama dengan unit-unit yang ada pada lantai sebelumnya. Sehingga pada lantai 5 sampai 15 juga perlu adanya perencanaan ulang pada sistem pencahayaan.

4.3 Perhitungan Daya Beban Penerangan

Besar daya pada instalasi penerangan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan jumlah lampu yang digunakan. Perubahan instalasi penerangan sesuai dengan standart dilakukan tiap ruangan per lantai.

4.3.1 Perhitungan Beban Penerangan Apartemen

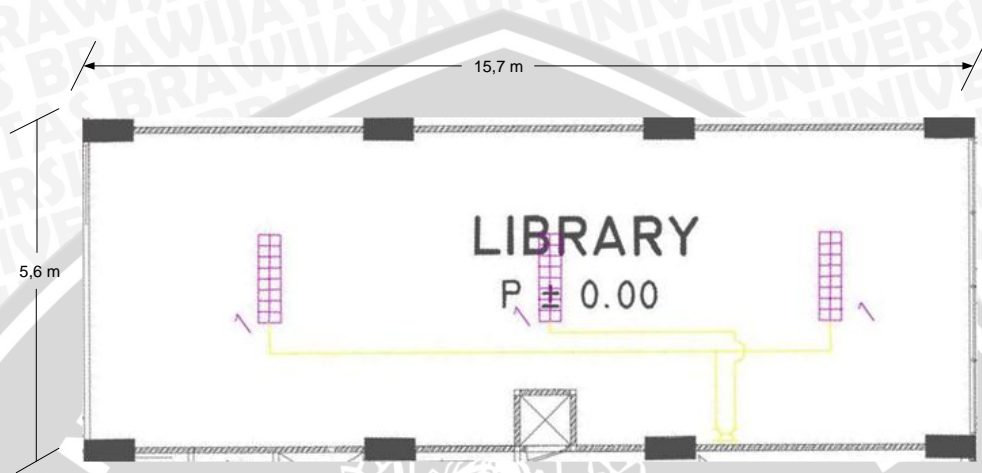
Pada perhitungan beban penerangan ada ruangan yang memiliki dimensi sama, maka dapat diambil contoh perhitungan.

- Penerangan ruang perpustakaan

Ruangan ini berfungsi sebagai ruang baca dengan,

$$p = 15,7 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned}
 l &= 5,6 \text{ meter} \\
 t &= 2,75 \text{ meter} \\
 t_{eff} &= 1,95 \text{ meter} \\
 \eta &= 0.69
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Bentuk Desain dan Peletakan Titik Lampu dari Perpustakaan
 Sumber : Desain Apartemen

Intensitas penerangan yang diperlukan pada ruangan perpustakaan sesuai dengan fungsinya sebagai ruang baca yaitu 300 lux. Jumlah armatur atau lampu yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan 2.6 adalah :

$$n = \frac{E_M \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d}$$

Jumlah armatur yang diperlukan dapat dihitung setelah ditentukan faktor depresiasinya. Untuk keadaan ruangan baru maka nilai faktor depresiasinya adalah 1, sehingga dapat dihitung jumlah armature yang dibutuhkan.

$$n = \frac{300 \cdot 87,92}{5000 \cdot 0,69 \cdot 1} = 5,76$$

Setelah dilakukan perhitungan secara manual maka pada perencanaan penerangan pada ruang perpustakaan diperoleh hasil 6 buah lampu.

Dengan intensitas pencahayaan rata-rata yang jauh dibawah standar pencahayaan untuk sebuah perpustakaan tentunya ini menjadi pertimbangan dalam investasi selain pemenuhan standar pencahayaan, tetapi dalam pemenuhan standar

membutuhkan penambahan jumlah titik lampu yang banyak dan memiliki intensitas penerangan yang tinggi, sehingga dilakukan penggantian standar pencahayaan untuk menekan biaya investasi dan menghemat energi. Dan digunakan standar pencahayaan dari Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, pedoman ini telah dipakai sebagai standar nasional dan internasional, dan juga menggunakan rekomendasi penerangan umum dari buku Sistem Bangunan Tinggi sebagai pertimbangan, dan pada tabel merekomendasikan minimal luminansi rata-ratanya adalah 200 lux.

Sehingga perhitungan dengan menggunakan standar dari buku Sistem Bangunan Tinggi adalah:

- Penerangan ruang perpustakaan

Ruangan ini berfungsi sebagai ruang baca dengan dimensi :

panjang	= 15,7 meter
lebar	= 5,6 meter
tinggi	= 2,75 meter
t_{eff}	= 1,95 meter
η	= 0,69

Intensitas penerangan yang diperlukan pada ruangan perpustakaan sesuai dengan fungsinya sebagai ruang baca yaitu 200 lux. Jumlah armatur atau lampu yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan 2.6 adalah :

$$n = \frac{E_M \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d}$$

Jumlah armatur yang diperlukan dapat dihitung setelah ditentukan faktor depresiasinya. Untuk keadaan ruangan baru maka nilai faktor depresiasinya adalah 1, sehingga dapat dihitung jumlah armature yang dibutuhkan.

$$n = \frac{200 \cdot 87,92}{5000 \cdot 0,69 \cdot 1} = 5,1 = 6 \text{ titik lampu}$$

Setelah dilakukan perhitungan secara manual maka pada perencanaan penerangan pada ruang perpustakaan diperoleh hasil 6 buah titik lampu.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia (UNEP)

Faktor Perbandingan	SNI	PEE	Keadaan sekarang
Intensitas Penerangan Rata-rata	300 lux	200 lux	117,2 lux
Jumlah Titik Lampu	6 titik	6 titik	3 titik

Sumber : Perhitungan

Dengan tetap bertujuan untuk membuat sistem pencahayaan yang lebih hemat. Dengan mengubah tipe warna lampu dan tanpa merubah daya lampu dari TL-D 36 W/54 menjadi TL-D 36 W/840 dari perubahan tipe warna lampu tersebut maka nilai lumen berubah dari 2500 menjadi 3350. Dari tabel 2.4 diperoleh $\eta = 0,69$

Perhitungan jumlah armature dengan mengganti jenis lampu dengan menggunakan persamaan 2.6 adalah :

$$n = \frac{E_M \cdot A}{\Phi \cdot \eta \cdot d}$$

$$n = \frac{200 \cdot 87,92}{6700 \cdot 0,69 \cdot 1} = 3,803 = 4 \text{ titik lampu}$$

Perhitungan intensitas ruangan dengan mengganti jenis lampu:

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta}{A}$$

$$= \frac{6700 \cdot 4 \cdot 0,69}{87,82}$$

$$= 209,4149 = 209,41 \text{ lux}$$

Dengan mengganti jenis lampu dari TL-D 36 W/54 menjadi TL-D 36 W/840 maka dapat mengurangi jumlah armature yaitu dari 6 menjadi 4 buah.

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia dan Penggantian Jenis Lampu pada Perpustakaan

Faktor Pembanding	SNI	PEE	Penggantian tipe	Keadaan sekarang
Intensitas Penerangan Rata-rata	300 lux	234,42 lux	209,41 lux	117,2 lux
Jumlah Titik Lampu	6 titik	6 titik	4 titik	3 titik

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel di atas dengan adanya penggantian tipe lampu dan menggunakan pedoman dari Efisiensi Energi untuk Industri di Asia maka mengalami penghematan sebanyak 2 buah lampu, dengan tanpa menambah jumlah daya yang dibutuhkan. Untuk perencanaan digunakan hasil dari penggantian tipe lampu dengan pertimbangan faktor penghematan energi dan intensitas penerangan rata-rata yang dihasilkan. Hasil rekapitulasi beban penerangan pada masing-masing lantai sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 1

No	Ruang	Luas m ²	Lux			Titik Lampu			Jumlah Ruangan
			Asli	SNI	PEE	Asli	SNI	PEE	
1	Retail shop	87.92	120.72	500	150	3	10	3	7
2	Toilet retail shop	2.555	38.67	250	50	1	5	1	7
3	Lobby	60.98	67.9	100	50	7	12	7	1
4	Toilet lobby 1								
	Ruang	3.69	37.07	250	50	1	3	1	1
	Toilet	1.41	53.9	250	50	1	5	1	1
5	Toilet lobby 2								
	Ruang	4.4	28.52	250	50	1	5	1	1
	Toilet	1.41	53.9	250	50	1	5	1	1
6	Library	87.92	117.2	300	200	3	6	4	1
7	Mini Market	177.41	182.52	500	150	8	18	6	1
8	Food Courd	177.41	187.98	100	100	9	4	4	1
9	Toilet food courd								
	Toilet 1	1.67	56.63	250	50	1	5	1	1
	Toilet 2	1.16	65.52	250	50	1	4	1	2
	Room 1	3.37	36.07	250	50	1	5	1	1
	Room 2	3.6	33.75	250	50	1	5	1	1
10	Fitness Center1	131.88	164.3	250	200	6	7	6	1
11	Fitness Center2	21.98	123.88	250	200	1	2	1	1
11	Toilet fitness	22	37.31	250	50	4	18	4	2
	Toilet swim 1								
	Toilet 1	1.585	52.74	250	50	1	5	1	1

	Toilet 2	1.99	106.94	250	50	2	5	1	1
	Room 1	3.37	36.06	250	50	1	5	1	1
	Room 2	2.43	37.5	250	50	1	5	1	1
13	Toilet swim 2								
	Toilet	0.99	90.27	250	50	3	9	2	1
	Room 1	1.79	37.75	250	50	1	5	1	1
	Room 2	1.29	56.9	250	50	2	9	2	2
14	Tangga	19.5	59.06	100	50	2	4	2	2
15	Ruang panel	2.97	84.85	100	70	1	2	1	1

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.10 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 2

No	Ruang	Luas	Lux			Titik lampu			Jumlah Ruang
		m ²	Asli	SNI	PEE	Asli	SNI	PEE	
1	Resto	229.1	181.57	250	100	11	12	5	1
	Resto kecil	15.49	171.63	250	100	1	1	1	1
2	Lorong	83.32	43.55	100	50	8	19	8	2
	Unit tipe 1								
3	Kamar	11.34	43.65	120	50	1	3	2	30
	Ruang tengah	2.59	104.4	50	50	1	1	1	30
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	30
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	30
4	Unit tipe 2								
	Kamar	9.76	48.75	120	50	1	3	2	28
	Ruang tengah 1	5.43	69.84	50	50	1	1	1	28
	Ruang tengah 2	2.59	104.4	50	50	1	1	1	28
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	28
5	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	28
	Lobby								
	lobby 1	31.6	300.76	100	50	4	3	2	1
6	Lobby 2	60.98	67.9	100	50	7	12	7	1
	Managemen building	6.63	122.47	250	200	2	5	3	2

8	Tangga	19.5	59.06	100	50	2	4	2	2
---	--------	------	-------	-----	----	---	---	---	---

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.11 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 3

No	Ruang	Luas m ²	Lux			Titik lampu			Jumlah Ruangan
			Asli	SNI	PEE	Asli	SNI	PEE	
1	Resto	229.1	198.08	250	100	12	12	5	1
	Resto kecil	15.49	171.63	250	100	1	1	1	1
2	Lorong	83.32	43.55	100	50	8	19	8	2
3	Unit tipe 1								
	Kamar	11.34	43.65	120	50	1	3	1	30
	Ruang tengah	2.59	104.4	50	50	1	1	1	30
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	30
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	30
4	Unit tipe 2								
	Kamar	9.76	48.75	120	50	1	3	1	28
	Ruang tengah 1	5.43	69.84	50	50	1	1	1	28
	Ruang tengah 2	2.59	104.4	50	50	1	1	1	28
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	28
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	28
5	Lobby	92.58	93.85	100	50	13	17	10	1
6	Managemen building	6.63	122.47	250	200	2	5	3	2
7	Tangga	19.5	59.06	100	50	2	4	2	2

Sumber : Perhitungan



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.12 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 4

No	Ruang	Luas	Lux			Titik lampu			Jumlah Ruang
		m ²	Asli	SNI	PEE	Asli	SNI	PEE	
1	Resto	287.01	253.77	250	100	19	14	6	1
2	Lorong	83.32	43.55	100	50	8	19	8	2
3	Unit tipe 1								
	Kamar	11.34	43.65	120	50	1	3	1	30
	Ruang tengah	2.59	104.4	50	50	1	1	1	30
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	30
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	30
4	Unit tipe 2								
	Kamar	9.76	48.75	120	50	1	3	1	28
	Ruang tengah 1	5.43	69.84	50	50	1	1	1	28
	Ruang tengah 2	2.59	104.4	50	50	1	1	1	28
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	28
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	28
5	Lobby	92.58	93.85	100	50	13	17	10	1
6	Managemen building	6.63	122.47	250	200	2	5	3	2
7	Tangga	19.5	59.06	100	50	2	4	2	2

Sumber : Perhitungan



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.13 Hasil Rekapitulasi Beban Penerangan pada Lantai 5 sampai 15

No	Ruang	Luas m ²	Lux			Titik lampu			Jumlah Ruangan
			asli	SNI	PEE	asli	SNI	PEE	
1	Lorong	83.32	43.55	100	50	8	19	8	2
2	Unit tipe 1								
	kamar	11.34	43.65	120	50	1	3	1	30
	Ruang tengah	2.59	104.4	50	50	1	1	1	30
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	30
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	30
3	Unit tipe 2								
	Kamar	9.76	48.75	120	50	1	3	1	28
	Ruang tengah 1	5.43	69.84	50	50	1	1	1	28
	Ruang tengah 2	2.59	104.4	50	50	1	1	1	28
	Km. mandi	2.31	39.44	250	50	1	5	1	28
	Teras	1	185.58	60	50	1	1	1	28
4	Lobby	92.58	93.85	100	50	13	17	10	1
5	Managemen building	6.63	122.47	250	200	2	5	3	2
6	Tangga	19.5	59.06	100	50	2	4	2	2

Sumber : Perhitungan

Pada tabel 4.9 sampai dengan tabel 4.13 merupakan hasil rekapitulasi beban penerangan pada Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang dengan sistem penerangan yang lama, standar SNI 03-6575-2001 dan Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia. Pada perhitungan standar yang ditetapkan oleh SNI terlalu terang dan membutuhkan banyak titik lampu, hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.13 sampai tabel 4.17, sedangkan pada Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia membutuhkan lebih sedikit jumlah titik lampu dibandingkan dengan standar SNI 03-6575-2001 tetapi tetap memperhatikan kualitas penerangannya.

Tabel 4.14 memperlihatkan perbandingan jumlah titik lampu dan jumlah daya yang dibutuhkan antara sistem penerangan lama, SNI 03-6575-2001 dan Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia:

Tabel 4.14 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 1

No.	Ruang	Titik lampu			Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE	Lama	SNI	PEE
1	Retail Shop	3 (2x36 W)	10 (2x36 W)	3 (2x36 W)	1512	5040	1512
2	Toilet retail shop	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	56	385	77
3	Lobby	7 (18 W)	12 (18 W)	7 (18 W)	126	216	126
4	Toilet lobby 1						
	Ruang	1 (8 W)	3 (8 W)	1 (8 W)	8	33	11
	Toilet	1 (8 W)	5 (8 W)	1 (8 W)	8	40	8
5	Toilet lobby 2						
	Ruang	1 (8 W)	5 (14 W)	1 (14 W)	8	70	14
	Toilet	1 (8 W)	5 (8 W)	1 (8 W)	8	40	8
6	Library	3 (2x36 W)	6 (2x36 W)	4 (2x36 W)	216	432	288
7	Mini Market	8 (2x36 W)	18 (2x36 W)	6 (2x36 W)	576	1296	432
8	Food Courd	9 (2x36 W)	4 (2x36 W)	4 (2x36 W)	648	288	288
9	Toilet food courd						
	Toilet 1	1 (8 W)	5 (8 W)	1 (8 W)	8	40	8
	Toilet 2	1 (8 W)	4 (8 W)	1 (8 W)	16	32	16
	Room 1	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	8	55	11
	Room 2	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	8	55	11
10	Fitness Center	7 (2x36 W)	9 (2x36 W)	7 (2x36 W)	504	648	504

11	Toilet fitnes	4 (8 W)	18 (11W)	8 (11 W)	64	396	88
12	Toilet swim 1						
	Toilet 1	1 (8 W)	5 (8 W)	1 (8 W)	8	40	8
	Toilet 2	2 (8 W)	5 (8 W)	1 (8 W)	16	40	8
	Room 1	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	8	55	11
	Room 2	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	8	55	11
13	Toilet swim 2						
	Toilet	3 (8 W)	9 (8 W)	2 (8 W)	24	72	24
	Room 1	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	8	55	11
	Room 2	2 (8 W)	9 (8 W)	2 (8 W)	16	72	16
14	Tangga	2 (1×18 W)	4 (1×18 W)	2 (1×18 W)	72	144	72
15	Ruang panel	1 (18 W)	2 (18 W)	1 (18 W)	18	36	18
Total					3774	9635	3402

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.14 total daya yang dibutuhkan pada lantai 1 dengan menggunakan sistem penerangan lama adalah 3,774 kw dan jika menggunakan standar SNI 03-6575-2001 membutuhkan total daya lebih dari dua kali lipat dari sistem penerangan yang lama yaitu 9,635 kw. Sedangkan jika menggunakan standar Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia lebih sedikit dalam pemakaian daya yaitu 3,402 kw.

Tabel 4.15 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 2

No.	Ruang	Titik Lampu			Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE	Lama	SNI	PEE
1	Resto	11 (2×36 W)	12 (2×36 W)	5 (2×36 W)	792	864	360
	Resto kecil	1 (2×36 W)	1 (2×36 W)	1 (2×36 W)	72	72	72
2	Lorong	8 (18 W)	19 (18 W)	8 (18 W)	288	684	288
3	Unit tipe 1						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	540	1620	540
	Ruang tengah	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	540	330	330
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	240	1650	330
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1 (8 W)	540	240	240
4	Unit tipe 2						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	504	1512	504
	Ruang tengah 1	1 (18 W)	1 (14 W)	1 (14 W)	504	392	392
	Ruang tengah 2	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	504	308	308

	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	224	1540	308
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1(8 W)	504	224	224
5	Lobby						
	lobby 1	4 (70 W)	3 (35 W)	2 (35 W)	280	105	70
	Lobby 2	7 (18 W)	12 (18 W)	7 (18 W)	126	216	126
6	Managemen Building	2 (18 W)	5 (1×18 W)	3 (1×18 W)	72	180	108
8	Tangga	2 (1×18 W)	4 (1×18 W)	2 (1×18 W)	72	144	72
Total					5802	10081	4272

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.15 total daya yang dibutuhkan pada lantai 2 dengan menggunakan sistem penerangan lama adalah 5,802 kw dan jika menggunakan standar SNI 03-6575-2001 membutuhkan total daya lebih dari dua kali lipat dari sistem penerangan yang lama yaitu 10,081 kw. Sedangkan jika menggunakan standar Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia lebih sedikit dalam pemakaian daya yaitu 4,272 kw.

Tabel 4.16 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 3

No.	Ruang	Titik Lampu			Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE	Lama	SNI	PEE
1	Resto	12 (2×36 W)	12 (2×36 W)	5 (2×36 W)	864	864	360
	Resto kecil	1 (2×36 W)	1 (2×36 W)	1 (2×36 W)	72	72	72
2	Lorong	8 (18 W)	19 (18 W)	8 (18 W)	288	684	288
3	Unit tipe 1						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	540	1620	540
	Ruang tengah	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	540	330	330
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	240	1650	330
4	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1 (8 W)	540	240	240
	Unit tipe 2						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	504	1512	504
	Ruang tengah 1	1 (18 W)	1 (14 W)	1 (14 W)	504	392	392
	Ruang tengah 2	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	504	308	308
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	224	1540	308
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1(8 W)	504	224	224
5	Lobby	13 (18 W)	17 (18 W)	10 (18 W)	234	306	180
6	Managemen building	2 (18 W)	5 (1×18 W)	3 (1×18 W)	72	180	108

8	Tangga	² (1×18 W)	4 (1×18 W)	² (1×18 W)	72	144	72
Total					5702	10066	4256

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.16 total daya yang dibutuhkan pada lantai 3 dengan menggunakan sistem penerangan lama adalah 5,702 kw dan jika menggunakan standar SNI 03-6575-2001 membutuhkan total daya lebih dari dua kali lipat dari sistem penerangan yang lama yaitu 10,066 kw. Sedangkan jika menggunakan standar Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia lebih sedikit dalam pemakaian daya yaitu 4,256 kw.

Tabel 4.17 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 4

No.	Ruang	Titik Lampu			Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE	Lama	SNI	PEE
1	Resto	¹⁹ (2×36 W)	¹⁴ (2×36 W)	⁶ (2×36 W)	1368	1008	432
2	Lorong	8 (18 W)	19 (18 W)	8 (18 W)	288	684	288
3	Unit tipe 1						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	540	1620	540
	Ruang tengah	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	540	330	330
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	240	1650	330
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1(8 W)	540	240	240
4	Unit tipe 2						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	504	1512	504
	Ruang tengah 1	1 (18 W)	1 (14 W)	1 (14 W)	504	392	392
	Ruang tengah 2	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	504	308	308
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	224	1540	308
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1(8 W)	504	224	224
5	Lobby	13 (18 W)	17 (18 W)	10 (18 W)	234	306	180
6	Managemen building	2 (18 W)	5 (1×18 W)	3 (1×18 W)	72	180	108
8	Tangga	² (1×18 W)	4 (1×18 W)	² (1×18 W)	72	144	72
Total					6134	10138	4256

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.17 total daya yang dibutuhkan pada lantai 4 dengan menggunakan sistem penerangan lama adalah 6,134 kw dan jika menggunakan standar SNI 03-6575-2001 membutuhkan total daya lebih dari dua kali lipat dari sistem penerangan yang lama yaitu 10,138 kw. Sedangkan jika menggunakan standar Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia lebih sedikit dalam pemakaian daya yaitu 4,256 kw.

Tabel 4.18 Perbandingan Jumlah Titik Lampu dan Daya Pada Lantai 5

No	Ruang	Titik Lampu			Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE	Lama	SNI	Baru
1	Lorong	8 (18 W)	19 (18 W)	8 (18 W)	288	684	288
2	Unit tipe 1						
	kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	540	1620	540
	Ruang tengah	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	540	330	330
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	240	1650	330
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1 (8 W)	540	240	240
3	Unit tipe 2						
	Kamar	1 (18 W)	3 (18 W)	1 (18 W)	504	1512	504
	Ruang tengah 1	1 (18 W)	1 (14 W)	1 (14 W)	504	392	392
	Ruang tengah 2	1 (18 W)	1 (11 W)	1 (11 W)	504	308	308
	Km. mandi	1 (8 W)	5 (11 W)	1 (11 W)	224	1540	308
	Teras	1 (18 W)	1 (8 W)	1 (8 W)	504	224	224
4	Lobby	13 (18 W)	17 (18 W)	10 (18 W)	234	306	180
6	Managemen building	2 (18 W)	5 (1×18 W)	3 (1×18 W)	72	180	108
8	Tangga	2 (1×18 W)	4 (1×18 W)	2 (1×18 W)	72	144	72
Total					4766	9130	3824

Sumber : Perhitungan

Terlihat pada tabel 4.18 total daya yang dibutuhkan pada lantai 5 dengan menggunakan sistem penerangan lama adalah 4,766 kw dan jika menggunakan standar SNI 03-6575-2001 membutuhkan total daya lebih dari dua kali lipat dari sistem penerangan yang lama yaitu 9,130 kw. Sedangkan jika menggunakan standar Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia lebih sedikit dalam pemakaian daya yaitu 3,824 kw.

Pada lantai 6 sampai 15 memiliki bentuk ruangan yang sama persis dengan lantai 5. Oleh karena itu, maka dapat dihitung total daya pada lantai 5 sampai lantai 15 adalah:

- Pada sistem penerangan lama adalah $11 \times 4766 = 52.426$ w
- Pada SNI 03-6575-2001 adalah $11 \times 9130 = 100.430$ w
- Pada Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia adalah $11 \times 3824 = 42.064$ w

Sehingga dapat dihitung selisih daya yang dibutuhkan antara ketiga perhitungan tersebut, yang dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perbandingan Daya yang Dibutuhkan pada Masing-Masing Lantai

No.	Lantai	Daya (watt)		
		Lama	SNI	PEE
1	Lantai 1	3.774	9.635	3.402
2	Lantai 2	5.802	10.081	4.272
3	Lantai 3	5.702	10.066	4.256
4	Lantai 4	6.134	10.138	4.256
5	Lantai 5-15	52.426	100.430	42.064
Total		73.838	140.350	58.250

Sumber : Perhitungan

Dari hasil perhitungan, metode perhitungan sistem penerangan yang digunakan adalah menggunakan Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia dengan pertimbangan kebutuhan dayanya lebih sedikit dan jika dibandingkan, SNI membutuhkan daya yang lebih besar yaitu lebih dari dua kali dari Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi sistem penerangan Apartemen Menara Soekarno Hatta Malang pada skripsi ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbandingan antara sistem penerangan yang lama, standar SNI 03-6575-2001 dan Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia. Dengan melakukan perbandingan tersebut diketahui bahwa Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia sesuai untuk diterapkan disamping lebih menghemat energi.
2. Penggantian jenis lampu dari TL-D 36 W/54 dengan lumen sebesar 2500 menjadi TL-D 36 W/840 dengan lumen sebesar 3350, sehingga dalam 1 lampu dapat menambah lumen sebesar 850 lux.
3. Penghematan energi yang diperoleh dari hasil evaluasi sistem pencahayaan pada masing-masing ruangan dan penggantian jenis lampu adalah sebesar 15,588 kw.

5.2 Saran

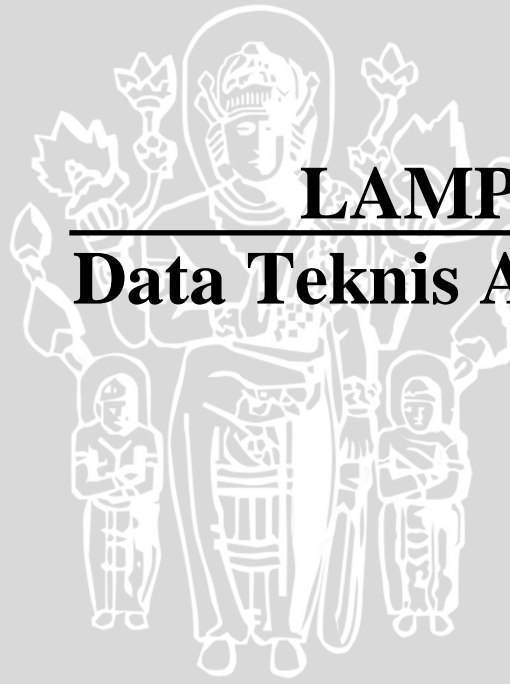
Beberapa hal yang direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah perlunya management penggunaan energi listrik untuk mengurangi pemborosan akibat penggunaan energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional, SNI 03-6575-2001, *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung.*
- Badan Standar Nasional, SNI 16-7062-2004, *Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja.*
- Badan Standar Nasional, SNI 04-0225-2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000.*
- Departemen Pekerjaan Umum. 1978. *Standard Penerangan Buatan di Dalam Gedung-gedung.*
- Juwana, Jimmy S. 2005. *Sistem Bangunan Tinggi.* Jakarta: Erlangga.
- Pabla, A.S. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Ir. Abdul Hadi. Jakarta: Airlangga.
- United Nations Environment Programme. 2006. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia.*
- Van,P. Harten,1974, *Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid I*, Bina Cipta.
- Van,P. Harten,1974, *Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid II*, Bina Cipta.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 1
Data Teknis Armatur

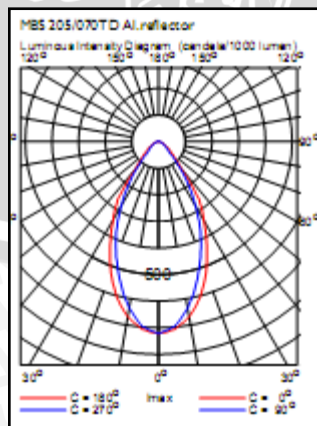
Lampiran 01 : Data Teknis Armature

1. MBS 205 (housing lampu metal halida)



Product	12NC Code	Model No	Outer Box (Pieces per)	Outer Box (Gross Wt)Kg	Outer Box (Size)mm	Matching Lamp
QBS205	824106103177	QBS205/300	1	1.6	375x260x205	1xDE300W
MBS205	824106103377	MBS205/070TD	1	4.0	375x260x205	1xMHN-TD 70W
MBS205	824106103277	MBS205/150TD	1	4.0	375x260x205	1xMHN-TD 150W

Specification subject to change without prior notice



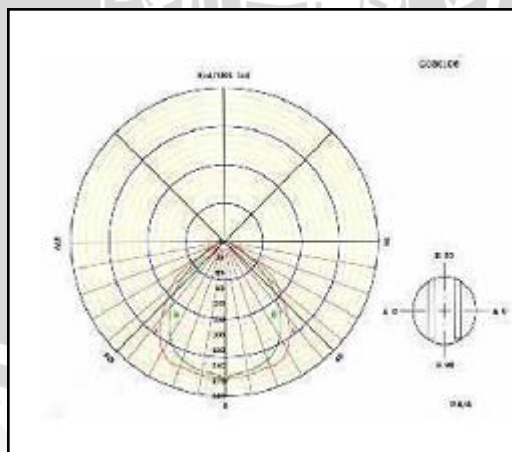
2. FBH 059 (Housing Down Light PL-C)



FBH059

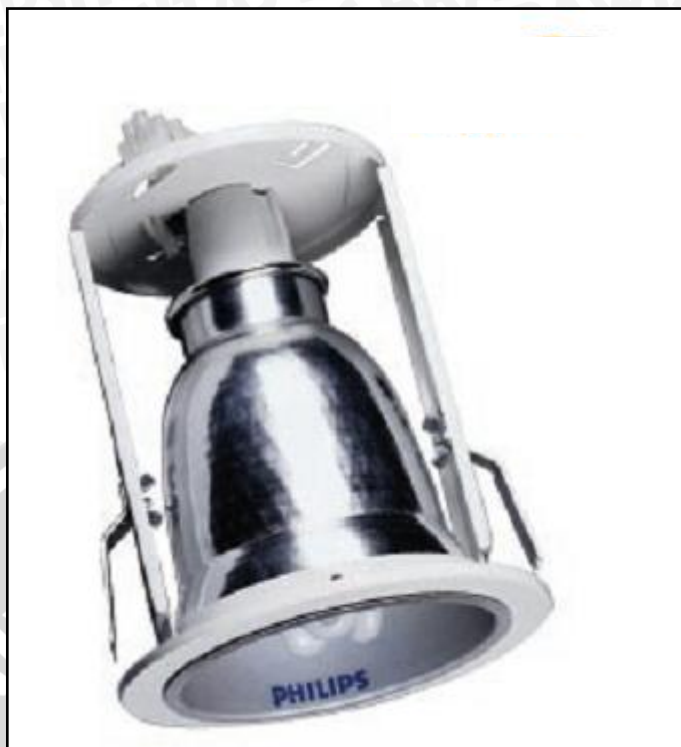
Product	12NC Code	Model No	Outer Box (Pieces per)	Outer Box (Gross Wt)Kg	Outer Box (Size)mm	Matching Lamp
FBH059	910401945280	FBH059/218 I	1	2.4	340x260x145	2xPLC18W 2P
FBH059	910401945380	FBH059/226 I	1	2.8	340x260x145	2xPLC26W 2P

Specification subject to change without prior notice

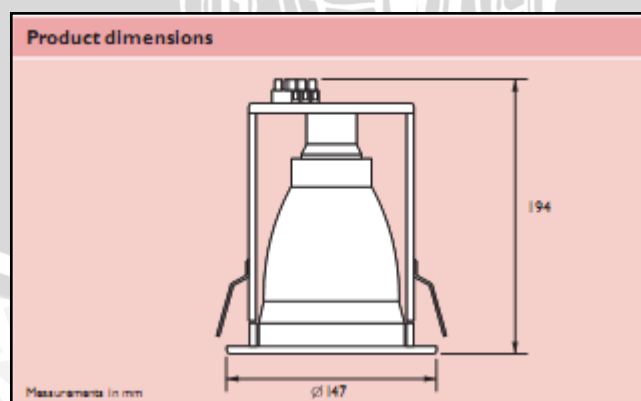


3. Theta/ FBS 110 (Housing Down Light SL-C)





Ordering Information					
Type	Lamp Type	Weight (kg)	Packaging Dimensions L x W x H (mm)	Qty per Box	Ordering Number
FBS110/118	ES 18W max GLS 60W max Tornado 23W max PLEU 20W max GENIE 14W max	0.55	150 x 150 x 225	30	9114 011 41480



4. Celio TBS 068 (housing lampu TL)



Celio TBS068

recessed luminaire

Economical, recessed mounted luminaire with TLD fluorescent lamps for general indoor lighting applications. TBS068 comes with highly glossy optics and offers an economical lighting solution for exposed T-bar ceilings. Available in 3x18W, 4x18W, 2x36W and 3x36W lamp versions.

Features

- Professional structure design with stepped profile for a sturdier, stronger housing
- High quality powder paint that offers higher reflectance and better aesthetics
- Specially designed parabolic reflector for an even and less glaring light
- Philips clips to facilitate ease of installation & maintenance

Classifications

Class I
IP20
CCC approbation
Complies with IEC 598

Main applications

- Offices
- Entrance halls
- Shops & supermarkets
- General hospital light

Materials and finish

Housing is made of 0.4mm cold rolled sheet with white paint. EM ballast gears.

Installation and mounting

Suitable for standard 600mm modular exposed ceiling grids. Method: wire connection via a standard terminal block.

Ordering information				
Type	Net weight (kg)	Quantity per box	Packaging dimensions L x W x H (mm)	Ordering number
TBS068/236IC+G2 Indonesia	3.5	1	123 x 30.5 x 8.5	9114 01110 880
TBS068/318IC+G2 Indonesia	3.3	1	63 x 60.5 x 9.5	9114 01110 980
TBS068/336IC+G2 Indonesia	11.2	2	123 x 60 x 8.5	9114 01111 180
TBS068/418IC+G2 Indonesia	7.2	2	65 x 60 x 8.5	9114 01111 280

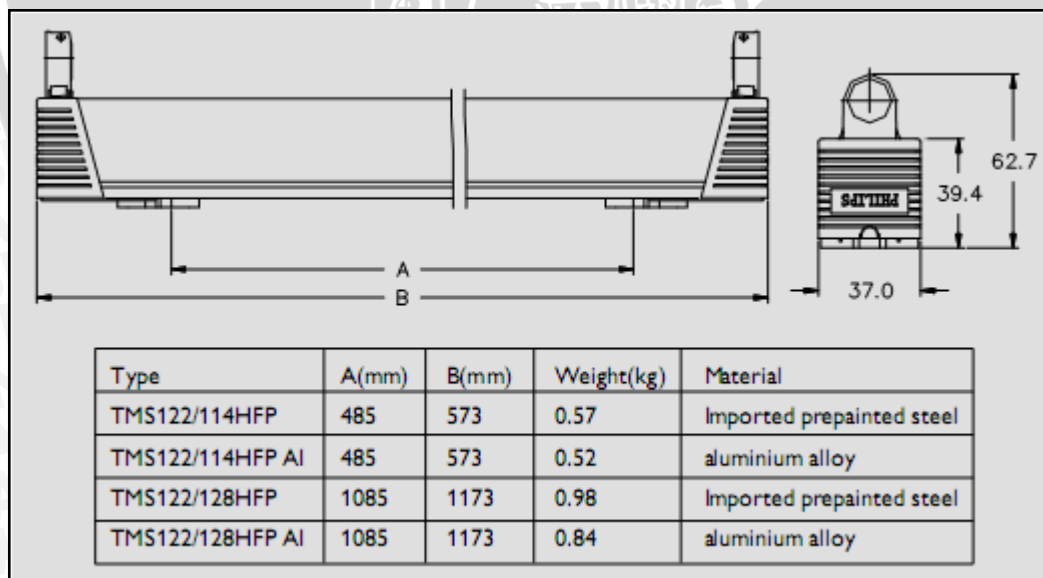
5. TMS 112 (Housing Lampu TL)





Product	12NC Code	Model No	Outer Box (Pieces per)	Outer Box (Gross Wt) Kg	Outer Box (Size)mm	Matching Lamp
TMS122	910401980680	TMS122/114 HFP AI	10	5.2	580X190X90	1xTLD-5 14W
TMS122	910401980780	TMS122/214 HFP AI	10	5.4	580X190X90	2xTLD-5 14W
TMS122	910401980880	TMS122/128 HFP AI	10	8.4	118X190X90	1xTLD-5 28W
TMS122	910401980980	TMS122/228 HFP AI	10	9.4	118X190X90	2xTLD-5 28W
TMS122	910401981080	TMS122/114 HFP	10	5.7	580X190X90	1xTLD-5 14W
TMS122	910401981180	TMS122/214 HFP	10	6.1	580X190X90	2xTLD-5 14W
TMS122	910401981280	TMS122/128 HFP	10	9.8	118X190X90	1xTLD-5 28W
TMS122	910401981380	TMS122/228 HFP	10	10.6	118X190X90	2xTLD-5 28W

Specification subject to change without prior notice



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 2
Data Teknis Lampu

Lampiran 02 : Data Teknis Lampu

1. Master colour CMD-T(Lampu Metal Halida)



Commercial name	Type	Cap/ base	Colour rendering index	Lumen output	Lamp wattage	Lamp voltage	Lamp current	Max. lamp current	Minimum ignition supply voltage	Efficacy lamp	P _{system} conv. electronic gear	P _{system} electronic gear MHC
			R _a 8	lm	W	V	A	A	V	lm/W	W	W
CDM-T												
MASTERcolour CDM-T	CDM-T 35W /830	G12	81	3300	38	88	0.5	0.8	198	87	47	44
MASTERcolour CDM-T	CDM-T 70W /830	G12	81	6600	71	88	1.0	1.4	198	93	88	83
MASTERcolour CDM-T	CDM-T 70W /942	G12	92	6600	72	88	1.0	1.4	198	92	88	80
MASTERcolour CDM-T	CDM-T 150W /830	G12	85	14000	147	96	1.8	2.5	198	95	165	167
MASTERcolour CDM-T	CDM-T 150W /942	G12	96	12700	145	90	1.9	2.5	198	86	165	167

2. PL-C 2-pins (lampu PL-C 2 pin)



Commercial name	Type	Cap/ base	Lamp voltage	Lamp current	Lumen output	Efficacy	Corr. colour temp.	Chromaticity coordinates		Colour designation	Lumen maint. 2000hrs	Lumen maint. 5000hrs	Nett weight
			V	mA	lm	lm/W	K	x	y		%	%	g
/827													
MASTER PL-C	MASTER PL-C 10W/827/2P	G24d-1	64	190	600	60	2700	455	415	INCANDLIGHT	92	87	54
MASTER PL-C	MASTER PL-C 13W/827/2P	G24d-1	91	175	900	69	2700	455	415	INCANDLIGHT	92	87	65
MASTER PL-C	MASTER PL-C 18W/827/2P	G24d-2	100	220	1200	67	2700	455	415	INCANDLIGHT	92	87	70
MASTER PL-C	MASTER PL-C 26W/827/2P	G24d-3	105	325	1800	69	2700	455	415	INCANDLIGHT	92	87	81
/830													
MASTER PL-C	MASTER PL-C 10W/830/2P	G24d-1	64	190	600	60	3000	435	400	WARM WHITE	92	87	54
MASTER PL-C	MASTER PL-C 13W/830/2P	G24d-1	91	175	900	69	3000	435	400	WARM WHITE	92	87	65
MASTER PL-C	MASTER PL-C 18W/830/2P	G24d-2	100	220	1200	67	3000	435	400	WARM WHITE	92	87	70
MASTER PL-C	MASTER PL-C 26W/830/2P	G24d-3	105	325	1800	69	3000	435	400	WARM WHITE	92	87	81
/840													
MASTER PL-C	MASTER PL-C 10W/840/2P	G24d-1	64	190	600	60	4000	380	380	COOL WHITE	92	87	54
MASTER PL-C	MASTER PL-C 13W/840/2P	G24d-1	91	175	900	69	4000	380	380	COOL WHITE	92	87	65
MASTER PL-C	MASTER PL-C 18W/840/2P	G24d-2	100	220	1200	67	4000	380	380	COOL WHITE	92	87	70
MASTER PL-C	MASTER PL-C 26W/840/2P	G24d-3	105	325	1800	69	4000	380	380	COOL WHITE	92	87	81

3. SL-E (lampu SL-E)



MASTER SLE-P 11W/15W B22

Order code	Lamp Luminous Flux EM [lm]	Comm Code	Order code	Lamp Luminous Flux EM [lm]	Comm Code
SLE11WC DLES	570	SLE11WC DLES	ESS8WCD LES	380	ESS8WCD LES
SLE11WW WES	600	SLE11WW WES	ESS8WWW ES	425	ESS8WWW ES
SLE15WC DLBC	800	SLE15WC DLBC	ESS14WC DLES	760	ESS14WC DLES
SLE15WC DLES	800	SLE15WC DLES	ESS14WW WES	800	ESS14WW WES
SLE15WW WBC	850	SLE15WW WBC	ESS18WC DLES	1040	ESS18WC DLES
SLE15WW WES	850	SLE15WW WES	ESS18WW WES	1100	ESS18WW WES
SLE20WC DLBC	1100	SLE20WC DLBC	ESS23WC DLES	1420	ESS23WC DLES
SLE20WC DLES	1100	SLE20WC DLES	ESS23WW WES	1500	ESS23WW WES
SLE20WW WBC	1150	SLE20WW WBC			
SLE20WW WES	1150	SLE20WW WES			

4. TL-D Standar colour (Lampu TL)



Commercial name	Type	Cap/base	Lamp voltage ¹⁾	Lamp current ²⁾	Colour designation	Correlated colour temperature K	Lumen output ³⁾	Average luminance ⁴⁾	Nett weight
			V	A			lm	cd/cm ²	
/33									
TL-D	'TL'D 15W /33	G13	51	0.34	COOL WHITE	4100	960	0.95	76
TL-D	'TL'D 18W /33	G13	59	0.36	COOL WHITE	4100	1200	0.85	100
TL-D	'TL'D 36W /33	G13	103	0.44	COOL WHITE	4100	2850	1.05	186
TL-D	'TL'D 58W /33	G13	111	0.67	COOL WHITE	4100	4600	1.35	233
/54									
TL-D	'TL'D 18W /54	G13	59	0.36	COOL DAYLIGHT	6200	1050	0.75	100
TL-D	'TL'D 36W /54	G13	103	0.44	COOL DAYLIGHT	6200	2500	0.95	186
TL-D	'TL'D 58W /54	G13	111	0.67	COOL DAYLIGHT	6200	4000	1.15	233

PHILIPS

5. Jenis Lampu

LAMPS											
COMPLETE LAMP INFORMATION GUIDE											
TYPE	VOL	WATT	BASE	TEMPER	LMEN	LMEN/WATT	BEAM	BEAM	UNIV	LIFE HRS	LMEN/WATT
TL-D 18W											
/33	230V	18W	G13	4100K	63	1150 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/54	230V	18W	G13	6200K	72	1050 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/827	230V	18W	G13	2700K	85	1300 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/840	230V	18W	G13	4000K	85	1350 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/865	230V	18W	G13	6500K	85	1300 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/927	230V	18W	G13	2700K	95	900 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/930	230V	18W	G13	3000K	95	940 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/940	230V	18W	G13	4000K	95	1000 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/950	230V	18W	G13	5000K	98	1000 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
/965	230V	18W	G13	6500K	98	870 lm	-	-	UNIV	16000HRS	27W
TL-D 30W											
/33	230V	30W	G13	4100K	66	2300 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/54	230V	30W	G13	6200K	77	2000 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/827	230V	30W	G13	2700K	85	2450 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/830	230V	30W	G13	3000K	85	2450 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/840	230V	30W	G13	4000K	85	2450 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/865	230V	30W	G13	6500K	85	2300 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/927	230V	30W	G13	2700K	95	1700 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/930	230V	30W	G13	3000K	95	1700 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
/965	230V	30W	G13	6500K	98	1700 lm	-	-	UNIV	16000HRS	38W
TL-D 36W											
/33	230V	36W	G13	4100K	63	2850 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/54	230V	36W	G13	6200K	77	2400 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/827	230V	36W	G13	2700K	85	3350 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/835	230V	36W	G13	3500K	85	3350 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/840	230V	36W	G13	4000K	85	3350 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/850	230V	36W	G13	5000K	85	3300 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W
/865	230V	36W	G13	6500K	85	3250 lm	-	-	UNIV	16000HRS	46W



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

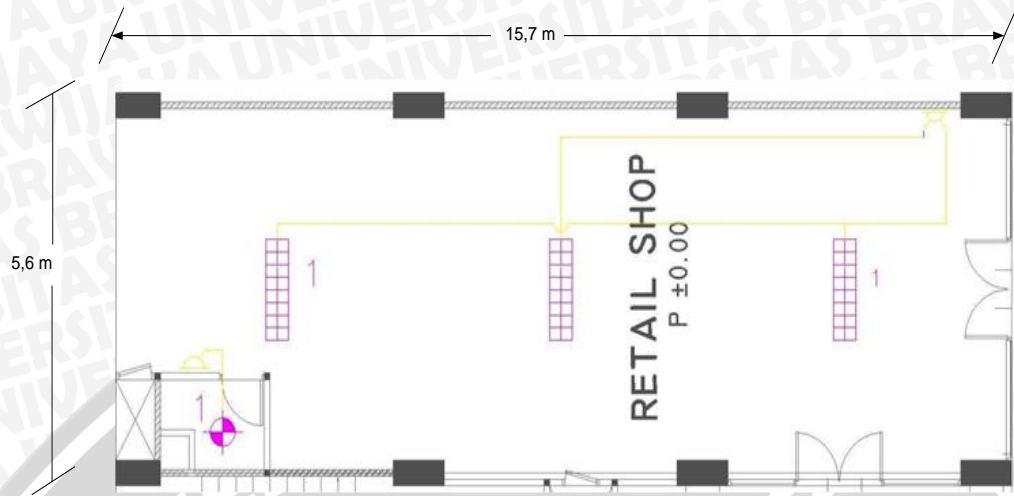


LAMPIRAN 3

Perhitungan Intensitas Penerangan

Lampiran 03 : Perhitungan Intensitas Ruang

- **Retail Shop**



Dari gambar terlihat bahwa ruangan retail shop memiliki dimensi sebagai berikut:

- $p = 15,7$ meter
- $l = 5,6$ meter
- $t = 1,95$ meter
- $h = 2,75$ meter

$$k = \frac{p \times l}{t(p + l)}$$

$$= \frac{15,7 \times 5,6}{1,95 (15,7 + 5,6)}$$

$$= 2,117669 = 2,12$$

Untuk $k = 2$: $\eta = 0,68$

Untuk $k = 2,5$: $\eta = 0,71$

Efisiensi penerangan untuk $k = 0.85$ ditentukan dengan interpolasi:

$$\eta = 0,68 + \frac{2,5 - 2}{2,12 - 2} (0,71 - 0,68)$$

$$= 0,6870061339 = 0,69$$

Perhitungan intensitas ruangan keadaan asli:

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{\Phi \times \eta}{A} \\
 &= \frac{15000 \times 0,69}{85,365} \\
 &= 120,7180001 = 120,72 \text{ lux}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan intensitas penerangan pada lantai 1

No.	Ruang	k	η	E
1	Retail shop	2,12	0,69	120,72
2	Toilet retail shop	0,4	0,26	38.67
3	Lobby			67.9
4	Toilet lobby 1			
	Ruang	0,48	0,36	37.07
	Toilet	0,30	0,20	53.9
5	Toilet lobby 2			
	Ruang	0,52	0,33	28.52
	Toilet	0,30	0,20	53.9
6	Library	2,12	0,69	117.2
7	Mini Market	3,37	0,74	182,52
8	Food Courd	3,37	0,74	187.98
9	Toilet food courd			
	Toilet 1	0,33	0.25	56.63
	Toilet 2	0,26	0.2	65.52
	Room 1	0,46	0.32	36.07
	Room 2	0,42	0.32	33.75
10	Fitness Center1	2,81	0,72	164.3
11	Fitness Center2	1,06	0,54	123.88
11	Toilet fitness	1,05	0,54	37.31
12	Toilet swim 1			
	Toilet 1	0,31	0.22	52.74
	Toilet 2	0,34	0.28	106.94
	Room 1	0,47	0.32	36.06
	Room 2	0,40	0.24	37.5
13	Toilet swim 2			
	Toilet	0,39	0.26	90.27
	Room 1	0,47	0.32	37.75
	Room 2	0,48	0.32	56.9
14	Tangga	1,05	0,55	59.06
15	Ruang panel	0,38	0,24	84.85

Hasil perhitungan intensitas penerangan pada lantai 2

No.	Ruang	k	η	E
1	Resto	3,88	0,76	181.57
	Resto kecil	1,00	0,53	171.63
2	Lorong	0,68	0,40	43.55
3	Unit tipe 1			
	Kamar	0,85	0.5	43.65
	Ruang tengah	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,38	0.18	185.58
	Unit tipe 2			
4	Kamar	0,79	0,46	48.75
	Ruang tengah 1	0,59	0,36	69.84
	Ruang tengah 2	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,25	0.18	185.58
	Lobby			
5	Lobby 1			300.76
	Lobby 2			67.9
6	Managemen Building	0,65	0,39	122.47
8	Tangga	1,05	0,55	59.06

Hasil perhitungan intensitas penerangan pada lantai 3

No.	Ruang	k	η	E
1	Resto	3,88	0,76	198.08
	Resto kecil	1,00	0,53	171.63
2	Lorong	0,68	0,40	43.55
3	Unit tipe 1			
	Kamar	0,85	0.5	43.65
	Ruang tengah	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,38	0.18	185.58
	Unit tipe 2			
4	Kamar	0,79	0,46	48.75
	Ruang tengah 1	0,59	0,36	69.84
	Ruang tengah 2	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,25	0.18	185.58
	Lobby			93.85
6	Managemen Building	0,65	0,39	122.47
8	Tangga	1,05	0,55	59.06

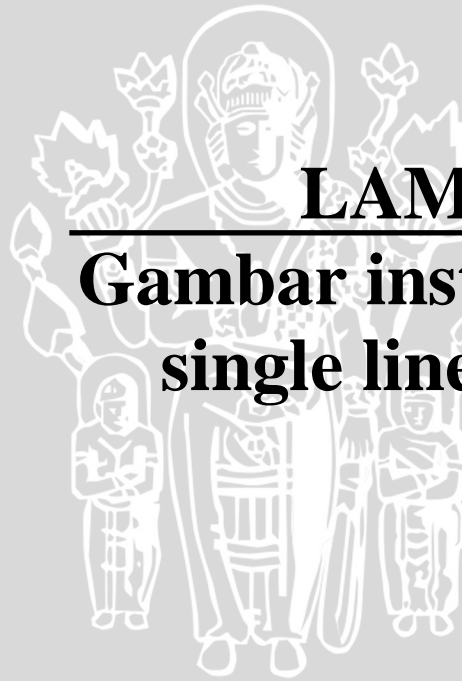
Hasil perhitungan intensitas penerangan pada lantai 4

No.	Ruang	k	η	E
1	Resto	4,33	0,77	253.77
2	Lorong	0,68	0,40	43.55
3	Unit tipe 1			
	Kamar	0,85	0.5	43.65
	Ruang tengah	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,38	0.18	185.58
4	Unit tipe 2			
	Kamar	0,79	0,46	48.75
	Ruang tengah 1	0,59	0,36	69.84
	Ruang tengah 2	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,25	0.18	185.58
5	Lobby			93.85
6	Managemen Building	0,65	0,39	122.47
7	Tangga	1,05	0,55	59.06

Hasil perhitungan intensitas penerangan pada lantai 5 (5-15 typical)

No.	Ruang	k	η	E
1	Lorong	0,68	0,40	43.55
2	Unit tipe 1			
	Kamar	0,85	0.5	43.65
	Ruang tengah	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,38	0.18	185.58
3	Unit tipe 2			
	Kamar	0,79	0,46	48.75
	Ruang tengah 1	0,59	0,36	69.84
	Ruang tengah 2	0,41	0.26	104.4
	Km. mandi	0,38	0.24	39.44
	Teras	0,25	0.18	185.58
4	Lobby			93.85
5	Managemen Building	0,65	0,39	122.47
6	Tangga	1,05	0,55	59.06

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN 4

Gambar instalasi dan single line diagram

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

