



TUGAS AKHIR – SF 141501

**DESAIN EFISIENSI ENERGI PENGGUNAAN
LAMPU PADA PERPUSTAKAAN LANTAI 5
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN DIALUX 4.1**

**Maslahah
NRP 01111440000070**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR – SF 141501

**Desain Efisiensi Energi Penggunaan Lampu
pada Perpustakaan Lantai 5 Institut Teknologi
Sepuluh Nopember Surabaya dengan
Menggunakan Dialux 4.13**

**Maslahah
NRP 01111440000070**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – SF 141501

**ENERGY EFFICIENCY DESIGN OF LAMP
USAGE AT THE 5TH FLOOR LIBRARY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF
TECHNOLOGY SURABAYA WITH DIALUX
4.13**

**Maslahah
NRP 01111440000070**

**Advisor :
Dr. Suyatno, M.Si
Susilo Indrawati, M.Si**

**DEPARTEMENT OF PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN EFISIENSI ENERGI PENGGUNAAN LAMPU PADA PERPUSTAKAAN LANTAI 5 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN DIALUX 4.13

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah
Tugas Akhir
Program Strata 1

Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
MASLAHAH
01111440000070

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I
Dr. Suyatno, M.Si
NIP. 19760620 200212 1 004


(.....)

Dosen Pembimbing II
Susilo Indrawati, M.Si
NIP. 110020130 1 001


(.....)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN EFISIENSI ENERGI PENGGUNAAN LAMPU
DPADA PERPUSTAKAAN LANTAI 5 INSTITUT
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN DIALUX 4.13**

Nama Mahasiswa : Maslahah
NRP : 0111144000070
Departemen : Fisika FIA-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Suyatno, M.Si
2. Susilo Indrawati, M.Si

Abstrak

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam pemanfaatan ruang perpustakaan. Dengan adanya pengelolaan pencahayaan yang tepat dan berkelanjutan akan dapat mengefisiensikan besarnya jumlah energi yang dikonsumsi. Nilai kuat pencahayaan minimal yang dianjurkan pada ruang perpustakaan adalah 300 lux (SNI-03-6575-2001). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar dan pemerataan nilai kuat pencahayaan di ruang baca perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya dengan melakukan pengukuran dan simulasi menggunakan *software DIALux 4.13* dalam kondisi *existing*. Pengukuran kuat pencahayaan dilakukan pada 31 titik dengan ketinggian 1 meter di atas bidang kerja. Lampu yang dipakai adalah 112 lampu Philips tipe 1 x TL-D36W/54-765 dengan daya sebesar 43 Watt dan menghasilkan fluks luminus sebesar 2500 lumen, 19 lampu 2 x TL-D36W/54-765 dengan flux luminus 5000 lumen berdaya 85 Watt, dan 6 buah lampu philips RS061B 1xLED tipe 5-36-/830 berdaya 6 Watt dengan fluks luminus 480 lumen. Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa nilai kuat pencahayaan rata-rata adalah 90,27. Nilai tersebut belum memenuhi standard. Sedangkan untuk keseragamannya diperoleh hasil sebesar 0,48 di bawah standart yang seharusnya yaitu 0,6 (Zumtobel, 2017) dengan total daya yang dibutuhkan 6467 Watt. Simulasi perbaikan dilakukan dengan mengganti semua lampu TL-D36W/54-765 di area baca dan rak buku dengan lampu philips

LL 121X 1xLED45S/840 O 4200 lm sebanyak 129 buah berdaya 32 Watt. Didapatkan hasil kuat pencahayaan rata-rata sebesar 344 lux dan kemerataannya 0,62 dengan daya yang dibutuhkan sebesar 4164 Watt. Nilai ini lebih efisien dibandingkan dengan kondisi awal dengan nilai efisiensi sebesar 35%.

Kata Kunci : Desain Pencahayaan, kuat pencahayaan, uniformity, DIALux 4.13

**ENERGY EFFICIENCY DESIGN OF LAMP USAGE AT
THE 5TH FLOOR LIBRARY SEPULUH NOPEMBER
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA WITH
DIALUX 4.13**

Name : Maslahah
NRP : 01111440000070
Department : Physics, Faculty of Sciences, Sepuluh
Nopember Institute of Technology Surabaya
Advisors : 1. Dr. Suyatno, M.Si
2. Susilo Indrawati, M.Si

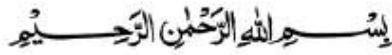
Abstract

Lighting is one of the important factors in the utilization of library space. With proper and sustainable lighting management we will be able to efficient the amount of energy consumed. The recommended value of minimal illuminance is 300 lux (SNI-03-6575-2001). This research was conducted to find out the magnitude and the uniformity of the illuminance in reading room of 5th floor ITS Surabaya by measure and simulate the data using DIALux 4.13 software in existing condition. The measurement of illuminance is done at 31 points (6 m x 6 m) with the height of measurement is 1 meter above the work plane. Lamps used are 112 Philips lamps type 1 x TL-D36W/54-765 with a power of 43 Watt and produce 2500 lumen of luminous flux, 19 philips lamps ype 2 x TL-D36W/54-765 produce 5000 lm of luminous flux with required power 85 Watt, and 6 philips lamps RS061B 1xLED type 5-36-/830 powered 6 Watt with 480 luminous luminous flux. Based on the results obtained note that the average value of the illuminance is 90.27 lux. The value is not meet the recommended standard value. For the uniformity obtained results of 0.48 below the standard that should be 0.6 (Zumtobel, 2017) with a total power required 6467 Watt. An improvement simulation is done by using 129 lamps with type LL 121X 1xLED45S/840 O 4200 lumen . The power of that lamp is 32 lux. The result of average

illuminance is 344 lux and the uniformity is 0.62 with the required power of 4164 Watt. This value is more efficient than the initial condition with an efficiency value of 35%.

Keywords : DC motor, Electrospinning, Nanofiber, Stepper motor

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta petunjuk-Nya atas nikmat iman, islam, dan ihsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Desain Optimasi dan Efisiensi Energi Penggunaan Lampu pada Perpustakaan Lantai 5 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Menggunakan Dialux 4.13”** dengan optimal dan tepat waktu. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Suyatno, M.Si dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membagi pengalaman serta memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
2. Bapak Alm. Supar dan Emak Siti Munawaroh tercinta, serta segenap keluarga yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil hingga saat ini.
3. Penghuni Laboratorium Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan khususnya teman-teman yang telah membantu dan memberikan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Anggota Laboratorium Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan serta teman-teman ANTARES yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Anggota Penghuni Terakhir (Otun, Tanti, Lutfi, Irma, Mira, dan Firda) yang selalu memberikan dukungan, sindiran, dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iiii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Cahaya.....	7
2.2 Parameter Dasar Pencahayaan	8
2.3 Pencahayaan Alami	11
2.4 Pencahayaan Buatan.....	12
2.4.1 Karakteristik Kualitas Pencahayaan	12
2.4.2 Lampu	15
2.5 Standart Pencahayaan di Perpustakaan	16

2.6 Titik Ukur	18
2.7 Metode Lumen	19
2.8 <i>Software DIALux 4.13</i>	21
BAB III	23
METODOLOGI	23
3.1 Tahap-Tahap Penelitian	23
3.2 Tahap Observasi Awal	24
3.3 Tahap Pengukuran Kuat Pencahayaan	26
3.4 Tahap Pengolahan Data.....	28
3.5 Tahap Simulasi dengan <i>Software DIALux 4.13</i>	29
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum	31
4.2 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Setempat.....	33
4.3 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Titik	34
4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Hasil Simulasi Existing	36
4.5 Simulasi Perbaikan Desain Pencahayaan.....	41
4.3.1 Simulasi Perbaikan Pertama	41
4.3.2 Simulasi Perbaikan Kedua.....	45
BAB V	51
KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	57
BIODATA PENULIS	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hukum Snellius	7
Gambar 2.2	Flux Luminus (Φ)	8
Gambar 2.3	Intensitas Luminus (I)	9
Gambar 2.4	Iluminasi (E)	10
Gambar 2.5	Luminasi (E)	11
Gambar 2.6	Lampu Fluoroscent	15
Gambar 2.7	Lampu LED	16
Gambar 2.8	Gedung Perpustakaan ITS	17
Gambar 2.9	Penentuan titik pengukuran penerangan umum dengan luas kurang dari 10 m ²	18
Gambar 2.10	Penentuan titik pengukuran penerangan umum dengan luas antara 10 m ² -100 m ²	19
Gambar 2.11	Penentuan titik pengukuran penerangan umum dengan luas lebih dari 100 m ²	19
Gambar 2.12	Grafik LLD (<i>Lamp Lumen Depreciation</i>)	20
Gambar 2.13	Grafik LDD (<i>Luminaire Dirt Depreciation</i>)	21
Gambar 2.14	Tampilan awal DIALux 4.13	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2	<i>Floor Plan</i> Perpustakaan Lantai 5 ITS Surabaya	24
Gambar 3.3	Ruang Baca Tampak Dalam.	25
Gambar 3.4	Denah Titik Pengukuran Kuat Pencahayaan.	27
Gambar 3.5	Pengukuran Kuat Pencahayaan di Meja Baca.	28
Gambar 3.6	Pengukuran Kuat Pencahayaan di Rak Buku.	28
Gambar 4.1	Denah Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum.	31
Gambar 4.2	Plot Hasil Pengukuran Umum dengan Lampu Dimatikan.	35
Gambar 4.3	Plot Hasil Pengukuran Umum dengan Lampu Menyala	35
Gambar 4.4	Desain Posisi Lampu Kondisi <i>Existing</i>	36
Gambar 4.5	Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Kondisi <i>Existing</i> model <i>false color</i>	37
Gambar 4.6	Desain Posisi Lampu Perbaikan Pertama.	42
Gambar 4.7	Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Perbaikan	

	Pertama model <i>false color</i>	43
Gambar 4.8	Desain Posisi lampu Perbaikan Kedua	45
Gambar 4.9	Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Perbaikan Kedua model <i>false color</i>	46
Gambar 4.10	Desain Posisi Lampu Perbaikan Kedua pada Area Rak Buku (Koleksi Pribadi).....	47
Gambar 4.11	Desain Posisi Lampu Perbaikan Kedua pada Area Meja Baca (Koleksi Pribadi)	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Daylight Factor</i> yang Direkomendasikan.....	12
Tabel 3.1	Data Material Permukaan Ruang Baca	26
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum	32
Tabel 4.2	Kuat Pencahayaan Setempat (rak buku)	33
Tabel 4.3	Kuat Pencahayaan Setempat (meja baca)	34
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi Existing dengan Hasil Simulasi	38
Tabel 4.5	Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi Existing dengan Hasil Simulasi Perbaikan Pertama.....	44
Tabel 4.6	Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi Existing dengan Hasil Simulasi Perbaikan Kedua	47
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi pada Meja Baca dan Rak Buku Hasil Simulasi Perbaikan Kedua	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Hasil Pengukuran Secara Umum.....	57
Lampiran 2.	Data Hasil Simulasi Kondisi Existing Lampu Menyala.....	52
Lampiran 3.	Data Hasil Simulasi Perbaikan Pertama.....	53
Lampiran 4.	Data Hasil Simulasi Perbaikan Kedua	54
Lampiran 5.	Plot Hasil Pengukuran Setempat Meja Baca.....	56
Lampiran 6.	Plot Hasil Pengukuran Setempat Rak Buku.....	56
Lampiran 7.	Hasil Simulasi Ruang Baca Perpustakaan Lantai 5 ITS Surabaya tampak atas	58
Lampiran 8.	Datasheet Lampu 1 x TL-D36W/54-765	57
Lampiran 9.	Datasheet Lampu 2 x TL-D36W/54-765	59
Lampiran 10.	Datasheet Lampu 1 x LED 5-36/830	60
Lampiran 11.	Datasheet Lampu LL 121X 1xLED45S/840 O	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan ruangan adalah pencahayaan. Penggunaan sumber cahaya bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan kegiatan di dalam maupun di luar ruangan dan memunculkan efek visual yang diinginkan merupakan pengertian dari proses pencahayaan (Patro et al., 2016). Pencahayaan secara umum terdiri atas pencahayaan alami yang berasal dari matahari dan pencahayaan buatan yang berasal dari lampu, lilin, dan lain-lain. Penggunaan cahaya alami saja tidak dapat mencukupi kebutuhan penerangan ruangan terutama pada malam hari. Pencahayaan buatan memiliki kelebihan dibandingkan dengan pencahayaan alami yaitu dalam hal kemampuannya memberikan cahaya dalam jumlah yang konstan dan dapat dikelola dengan mudah (Shishegar, 2016).

Beberapa komunitas internasional seperti *European Commission on Illumination (ECI)*, *Illuminating Engineering Society of North America (IESNA)*, *China Illuminating Engineering Society (CIES)*, *scientist* serta para peneliti yang lain telah melakukan penelitian dan membuat standar khusus untuk pencahayaan ruangan. Terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi kondisi pencahayaan di dalam suatu ruangan yaitu besarnya daya dari jumlah lampu dan peletakan lampu yang digunakan serta parameter-parameter pencahayaan seperti *illuminance*, *uniformity*, *glare rating*, *color rendering index*, dan *color temperature* (Huang 2015).

Salah satu ruang yang membutuhkan pencahayaan yang cukup adalah ruang perpustakaan. Ruang perpustakaan merupakan objek yang memiliki standart pencahayaan tersendiri. Kesesuaian nilai kuat pencahayaannya sangat berpengaruh pada kondisi pemakai ruangan. Berdasarkan standart Eropa mengenai pencahayaan di *indoor workplace* EN 12464-1 nilai kuat pencahayaan untuk rak buku adalah sebesar 200 lux. Sedangkan

untuk area membaca nilai kuat pencahayaannya adalah 500 lux.

Pengelolaan pencahayaan yang tepat, menguntungkan, dan berkelanjutan pada gedung perpustakaan merupakan hal yang penting. Hal tersebut berkaitan dengan besarnya jumlah energi yang dikonsumsi, kebutuhan penerangan pembaca buku, dan untuk keperluan lain seperti penggunaan fasilitas digital berupa komputer. Terkait dengan hal tersebut telah banyak dilakukan penelitian guna memaksimalkan kualitas pencahayaan yang digunakan. Esmaeili dkk (2014) telah melakukan sebuah penelitian mengenai kuat pencahayaan di perpustakaan Universitas yang ada di Rafsanjan. Pada penelitiannya Esmaeili meneliti 13 perpustakaan pada 6 universitas di Rafsanjan yaitu *Rafsanjan University of Medical Sciences*, *Vali-E-Asr University of Rafsanjan*, *Islamic Azad University*, *Payame Noor University*, *Allameh Jafari University*, dan *Islamic Kar University*.

Penelitian tersebut dilakukan dengan metode jaringan untuk mengetahui hubungan sistem pencahayaan alami dan buatan pada perpustakaan. Untuk pengukuran kuat pencahayaan alami seluruh lampu di ruangan dimatikan. Sedangkan pengukuran kuat pencahayaan total dilakukan pada kondisi ruangan dengan seluruh lampu dinyalakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat pencahayaan total paling tinggi yaitu ($1265,40 \pm 530,95$ lx) di perpustakaan *Vali-E-Asr University of Rafsanjan* dan terendah yaitu (91.06 ± 29.40 lx) di *School of Medicine, Rafsanjan University of Medical Sciences*. Kurangnya jendela pada perpustakaan memberikan efek nilai kuat pencahayaan yang rendah pada 50% dari perpustakaan yang diteliti. Dengan demikian perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan standart. (Esmaeili et al, 2014).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Cyta Susilawati pada tahun 2017 di sebuah balai perpustakaan Ghratama Pustaka Yogyakarta metode yang digunakan adalah metode deskriptif–kuantitatif. Yaitu metode pengambilan data melalui pengukuran kuat pencahayaan di ruangan yang di sertai simulasi dengan menggunakan *software DIALux 4.13*. Penelitian dilakukan pada

beberapa ruangan yang ada di perpustakaan yaitu ruang koleksi khusus braille, ruang koleksi umum, ruang referensi umum, ruang koleksi langka, ruang koleksi deposit, dan ruang skripsi. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa ruang yang memenuhi standar adalah ruang koleksi langka dan ruang koleksi deposit. Nilai kuat pencahayaan untuk kedua ruang masing-masing yaitu 308 lux dan 328 lux. Namun untuk beberapa ruang lain yang belum memenuhi standar yaitu ruang koleksi khusus braille kuat pencahayaannya bernilai 126 lux, ruang koleksi umum 200 lux, ruang referensi umum 254 lux, dan ruang skripsi 245 lux. Oleh Cyta dibuat simulasi perbaikan untuk masing-masing ruang yang belum memenuhi standar. Dihasilkan nilai kuat pencahayaan untuk ruang koleksi khusus braille menjadi 251 lux, ruang koleksi umum 367 lux, ruang referensi umum 328 lux, dan ruang skripsi 318 lux.

Berdasarkan latar belakang tersebut pada penelitian ini dilakukan penelitian kuat pencahayaan di ruang baca perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya serta simulasi pencahayaan untuk memenuhi standart yang telah ada yaitu rata-rata 300 lux untuk ruang perpustakaan (SNI 03-6575-2001).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dibahas sebelumnya, penulis melakukan beberapa analisa kinerja dengan permasalahan yang ditemukan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah distribusi kuat pencahayaan pada Perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya?
2. Bagaimanakah perbandingan nilai kuat pencahayaan secara simulasi dengan hasil perhitungan?
3. Bagaimanakah desain efisiensi energi penggunaan lampu yang dapat menghasilkan kuat pencahayaan sesuai dengan standard?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Mengetahui Distribusi kuat pencahayaan pada Perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2. Perbandingan nilai kuat pencahayaan secara simulasi dengan hasil perhitungan
3. Desain efisiensi energi penggunaan lampu yang dapat menghasilkan kuat pencahayaan sesuai dengan standard.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada sistem pencahayaan yang diamati adalah kuat pencahayaan umum. Pengukuran dilakukan ketika ruangan dalam kondisi tidak kosong, semua lampu dinyalakan, dan semua lampu dimatikan. Standart yang digunakan adalah SNI 16-7062-2004, SNI 03-6575-2001, EN 12464-1. Pengukuran dilakukan pada pukul 08.00-11.00 dengan kondisi cuaca cerah. Desain efisiensi energi dilakukan pada lampu yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah didapatkan data kuat pencahayaan dan desain optimasi yang sesuai standart untuk Perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan dapat dipelajari serta diterapkan pada bangunan lain yang membutuhkan pencahayaan yang tepat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

Bab Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka berisi tentang teori dan konsep dasar penunjang penelitian mengenai pencahayaan di perpustakaan.

BAB III : Metodologi

Bab Metodologi berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV

: Analisa dan Pembahasan

Bab Pembahasan ini berisi inti dari penulisan laporan Tugas Akhir tentang pencahayaan di perpustakaan.

BAB VI

: Penutup

Bab Penutup ini berisi kesimpulan umum dari hasil analisa dan disertai saran yang berlaku bagi penelitian selanjutnya.

LAMPIRAN

: Berisi beberapa gambar dan data penunjang laporan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

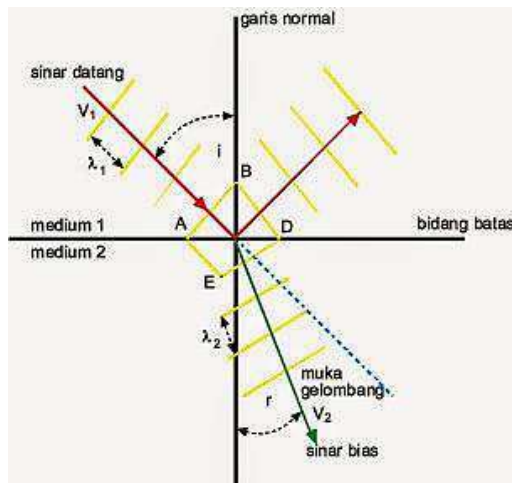
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cahaya

Cahaya merupakan salah satu bentuk dari radiasi gelombang elektromagnetik. Sumber utama cahaya dihasilkan oleh matahari yang dapat memancarkan cahaya tampak yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya tampak merupakan cahaya polikromatik yang sebenarnya terdiri atas berbagai macam spektrum warna mulai dari warna violet dengan panjang gelombang terendah yaitu 380 nm sampai dengan warna merah dengan panjang gelombang tertinggi sebesar 720 nm (Argus, 2017).

Sebagai gelombang cahaya memiliki sifat dapat dipantulkan, ditransmisikan, diserap, dibelokkan, dan dibiaskan. Kemampuan cahaya dalam hal dapat dipantulkan dinyatakan dalam Hukum Snellius “sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada satu bidang datar” dan “sudut datang sama dengan sudut pantul”.



Gambar 2.1 Hukum Snellius

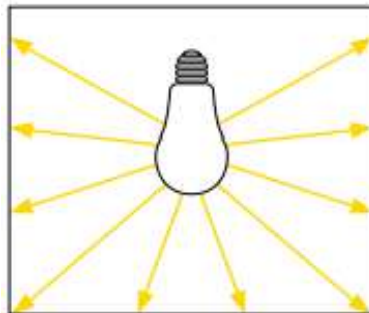
(<https://pelajaransekolaha.blogspot.com/2014/12/hukum-pembiasan-cahaya-snellius.html>)

Pemantulan cahaya sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu pemantulan teratur dan pemantulan tidak teratur. Pada pemantulan teratur arah berkas pantulnya sejajar. Sedangkan pada pemantulan *diffuse* (membaur) arah berkas pantulnya acak (Mayanti, 2017).

2.2 Parameter Dasar Pencahayaan

Di dalam sistem pencahayaan terdapat beberapa parameter yang menggambarkan kuantitas cahaya yang digunakan. Parameter-parameter tersebut yaitu fluks luminus, intensitas luminus, iluminansi, dan luminansi.

a) **Fluks luminus (Φ)** dengan satuan lumen (lm) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya nilai pancaran cahaya dari sumber cahaya. Dalam pemasangan pencahayaan yang tepat di dalam suatu ruangan hal yang perlu diperhatikan adalah efisiensi sumber cahaya yang digunakan. Efisiensi sumber cahaya (luminus) tersebut dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan antara fluks luminus yang dipakai dan jumlah daya listrik yang dikonsumsi (lm/W) (Zumtobel Lighting GmbH, 2017).



Gambar 2.2 Flux Luminus (Φ) (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

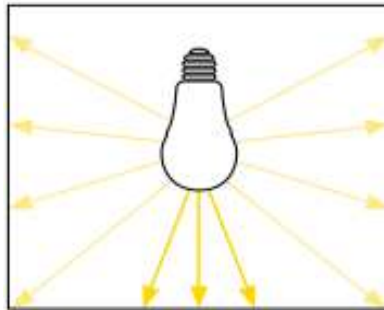
Flux luminus digunakan sebagai parameter dasar pada sumber cahaya tidak langsung. Satuan lumen dapat pula dinyatakan

dalam perkalian antara satu candela intensitas luminus dengan satu steradian sudut solid (Tichelen et al., 2014)

$$\Phi = I * \Omega \quad (2.1)$$

Dengan Ω adalah satu steradian sudut solid dan I adalah intensitas luminous.

b) **Intensitas luminus (I)** dengan satuan candela menyatakan banyaknya cahaya yang diradiasikan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu. Tujuannya adalah untuk mengukur kemampuan komponen sumber cahaya langsung seperti reflector.



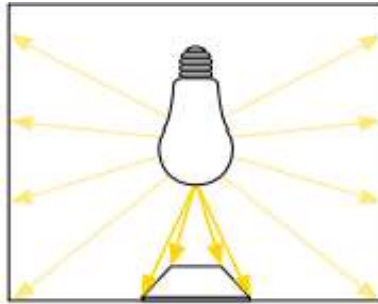
Gambar 2.3 Intensitas Luminus (I) (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

Intensitas luminus dapat dinyatakan pada persamaan 2.1 dengan I adalah intensitas luminus, Φ adalah fluks luminus, dan Ω adalah sudut solid dimana fluks luminus dipancarkan.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (2.2)$$

c) **Iluminansi (E)** dengan satuan lux dideskripsikan sebagai banyaknya fluks luminus dari suatu sumber cahaya yang jatuh mengenai suatu bidang permukaan. Parameter ini adalah yang paling sering diukur karena penngukurannya dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur lux meter. Persamaan 2.2 menyatakan hubungan antara iluminansi dan fluks luminus.

$$E = \frac{\text{fluks luminus (lm)}}{\text{area (m}^2\text{)}} \quad (2.3)$$

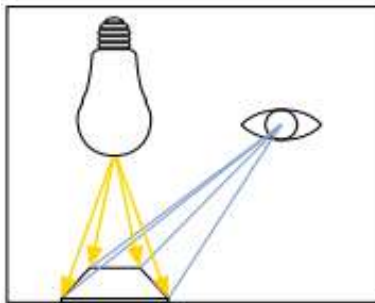


Gambar 2.4 Iluminasi (E) (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

Iluminansi atau yang biasa disebut sebagai kuat pencahayaan digunakan untuk menunjukkan banyaknya cahaya yang tersedia dalam suatu instalasi sistem pencahayaan (Tichelen et al. 2014).

d) **Luminansi (L)** adalah satu-satunya parameter pencahayaan yang dapat dirasakan oleh mata dengan satuannya adalah candela per meter persegi (cd/m^2). Alat ukurnya adalah luminansi meter. Berikut ini adalah persamaan untuk luminansi dengan L adalah luminansi, E adalah iluminansi, ρ adalah factor refleksi area, dan tanda * untuk area dengan permukaan yang difuse (Zumtobel Lighting GmbH, 2017).

$$L = \frac{E\rho^*}{\pi} \quad (2.4)$$



Gambar 2.5 Luminasi (E) (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

Luminasi sebagai parameter dasar jumlah cahaya yang dipancarkan atau dipantulkan oleh suatu objek yang dikenai cahaya (Tichelen et al., 2014).

2.3 Pencahayaan Alami

Sistem Pencahayaan alami merupakan jenis pencahayaan yang bersumber dari sinar matahari baik secara langsung maupun cahaya atmosfer (radiasi sinar matahari yang tersebar oleh air dan debu). Cahaya alami memiliki efek yang lebih besar dibandingkan dengan cahaya buatan dalam hal kuat pencahayaan dan kualitas rendering warna. Penggunaan cahaya alami secara tepat akan dapat memberikan efek biologis yang baik bagi tubuh manusia. Hal tersebut disebabkan spektrum cahayanya yang memiliki panjang gelombang pendek (biru) yang lebih kaya dibandingkan dengan cahaya buatan seperti lampu (SageGlass, 2017).

Tabel 2.1 *Daylight Factor* yang Direkomendasikan

Location	Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Working Plane
General Office	5	2	Desks
Classroom	5	2	Desks
Entrance Hall	2	0,6	Working Plane
Library	5	1,5	Tables
Drawing Office	5	2,5	Boards
Sports Halls	5	3,5	Floor

Environmental Engineering Science 1

Cahaya siang hari atau yang biasa disebut sebagai *daylight* memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan pencahayaan buatan meskipun kurang dalam kemerataannya. Terdapat parameter *daylight factor* yang perlu diperhatikan dalam penerapan pencahayaan alami di dalam ruangan. Pengertian dari

daylight factor sendiri yaitu rasio antara kuat pencahayaan yang diukur pada suatu titik di dalam ruangan (E_i) dengan pencahayaan langsung yang tersedia dari langit tanpa adanya penghalang (E_o).

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100 \quad (2.5)$$

Environmental Engineering Science 1

2.4 Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan dapat didefinisikan sebagai jenis pencahayaan yang dapat dibuat oleh manusia dengan berbagai sumber cahaya seperti lilin, lampu, dan obor. Penggunaan pencahayaan buatan diharapkan dapat menunjang fungsi dari pencahayaan alami. Selain itu pencahayaan buatan juga digunakan untuk menambah nilai estetika dan kenyamanan di dalam suatu ruangan. Kelebihan pencahayaan buatan dibandingkan dengan pencahayaan alami yaitu pada penerapannya saat tidak terdapat cahaya alami misalnya saja di malam hari atau ketika kondisi awan sedang mendung (Chandra, 2013).

Meskipun pencahayaan buatan memiliki banyak manfaat, pencahayaan tersebut tidak dapat sepenuhnya menggantikan fungsi pencahayaan alami. Misalnya saja dalam hal perolehan efek fisika, kimia, biologis, dan psikologis pada makhluk hidup yang menggunakannya. Selain itu hal utama yang menjadi kekurangan pencahayaan buatan adalah sumber energinya jika berasal dari sumber yang tidak dapat diperbaharui. Namun seiring perkembangan zaman yang ada, telah ditemukan beberapa sumber energi alternatif sebagai solusi dari permasalahan tersebut (Chandra, 2013).

2.4.1 Karakteristik Kualitas Pencahayaan

Terdapat beberapa faktor yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari kualitas pencahayaan pada *indoor workplace* yaitu:

1) Tingkat iluminasi

Berdasarkan SNI 03-6575-2001 mengenai tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung, dijelaskan bahwa penghitungan tingkat iluminansi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E_{\text{Rata-rata}} = \frac{F_{\text{total}} \times k_p \times k_d}{A} \quad (2.6)$$

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

A = luas bidang kerja (m^2)

k_p = koefisien penggunaan

k_d = koefisien depresiasi (penyusutan)

Jika terdapat beberapa amatur maka tingkat pencahayaan yang dihitung adalah penjumlahan dari tingkat pencahayaan masing-masing amatur. Tingkat pencahayaan minimum yang dianjurkan berdasarkan SNI untuk fungsi ruang perpustakaan yaitu sebesar 300 lux (SNI, 2001).

$$E_{\text{total}} = Ep_1 + Ep_2 + Ep_3 + \dots \quad (2.7)$$

2) Uniformity

Salah satu karakteristik yang perlu diperhatikan untuk mengetahui kualitas pencahayaan adalah *uniformity* atau keseragaman. Pengertian dari *uniformity* sendiri yaitu rasio perbandingan antara iluminansi minimum terhadap iluminansi maksimum (U_1) dan perbandingan iluminansi minimum terhadap iluminansi rata-rata (U_2) (FIBA, 2009). Nilai *uniformity* yang dianjurkan untuk perpustakaan adalah sebesar 0,6. (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

3) UGR (Unified Glare Rating)

Glare merupakan efek yang ditimbulkan oleh daerah yang terkena penyinaran sehingga pada bidang pandang menjadi terang dan mungkin dapat menyilaukan serta menimbulkan

ketidaknyamanan pandangan. *Glare* biasanya terjadi akibat adanya pantulan cahaya ketika mengenai suatu permukaan yang specular, misalnya saja jendela. Pengaturan dan pembatasan *glare* menjadi sangat penting karena dapat mengurangi rasa tidak nyaman, menghindari terjadinya kesalahan, kelelahan penglihatan, dan terjadinya kecelakaan. Metode standard pada EN 12464-1 mengenai UGR digunakan untuk menentukan tingkat silau pencahayaan. Nilai UGR dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6.

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2.8)$$

Dimana:

L_b = *background luminance* dalam cd/m^2 , yang didapatkan dari E_{ind}/π yang mana E_{ind} adalah iluminansi vertical tidak langsung pada mata pengamat.

L = iluminansi bagian luminus dari setiap *luminaire* pada arah mata pengamat dalam cd/m^2 .

ω = *solid angle* dari bagian luminus setiap *luminaire* pada mata pengamat.

p = indeks posisi Guth dari setiap *luminaire* individu yang berhubungan dengan perpindahan garis penglihatan (EN 12464-1).

4) CRI (Colour Rendering Indeks)

Colour rendering menunjukkan kemampuan dari sumber cahaya dalam membentuk warna permukaan yang disinari tampak alami jika dibandingkan dengan sumber cahaya referensi. Perbandingan tersebut dinamakan CRI. Nilai maksimum dari CRI adalah 100. Sumber pencahayaan dibagi menjadi 2 *level colour rendering* yaitu untuk $R > 90$ merupakan CRI sangat bagus. Dan untuk $R > 80$ bagus. Jika nilai $R < 80$ maka sumber cahaya tersebut tidak dianjurkan untuk digunakan pada *workplace* karena dapat menyebabkan kualitas warna yang dihasilkan berkurang. (Zumtobel Lighting GmbH, 2017)

2.4.2 Lampu

Di dalam bidang pencahayaan penentuan lampu yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap kondisi visual tempat yang diberi penerangan dan besar energi yang digunakan. Pengaturan pencahayaan yang sesuai dengan fungsi ruangan dapat mengefisiensikan daya yang dipakai sehingga dapat menghemat energy listrik (Nur dkk. 2011). Berikut ini adalah definisi dari beberapa jenis lampu dan spesifikasinya masing-masing.

1. Lampu *Fluorescent*

Lampu *fluorescent* adalah jenis lampu yang memiliki berbagai macam bentuk yang di bagian dalamnya terdapat bahan merkuri. Keberadaan bahan tersebut menyebabkan tabung menghasilkan cahaya yang berada pada rentang panjang gelombang ultraviolet. Gelombang ultraviolet tersebut harus diubah ke dalam bentuk cahaya tampak dengan menggunakan kombinasi pelapis. Pelapis yang dipakai terbuat dari fosfor yang terlihat berwarna putih di dalam tabung lampu (NSW, 2014).



Gambar 2.6 Lampu Fluorescent
[<http://www.klikglodok.com/listrik/lampu-tl>]

Meskipun bentuknya bermacam-macam, prinsip yang digunakan pada lampu ini bekerja dengan cara yang sama. Mampu menghasilkan cahaya *output* per watt daya lebih tinggi daripada jenis lampu biasa (*incandescent lamp*) merupakan karakteristik lampu *fluorescent* (NSW, 2014).

2. Lampu LED

Lampu LED adalah lampu yang didalamnya terdapat bahan semikonduktor di mana pada kondisi tertentu dapat memancarkan gelombang elektromagnetik pada semua panjang gelombang (inframerah untuk telekomunikasi, ultraviolet untuk aplikasi medis, dll). Intensitas cahaya yang tinggi dan renderasi warna yang bagus menyebabkan lampu ini sangat baik jika digunakan di fasilitas olahraga. Lampu LED harganya lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis lampu yang lain. Namun hal tersebut sesuai dengan kualitas pencahayaannya dan umur pemakaiannya yang panjang (Amorim, 2016).



Gambar 2.7 Lampu LED

[<http://www.lighting.philips.com/main/prof>]

2.5 Standar Pencahayaan di Perpustakaan

Perpustakaan merupakan ruang yang memiliki fungsi sebagai tempat untuk belajar dan mencari informasi. Perpustakaan merupakan upaya untuk memelihara dan meningkatkan efisiensi

dan efektifitas proses belajar-mengajar. Perpustakaan yang terorganisasi secara baik dan sistematis, secara langsung atau pun tidak langsung dapat memberikan kemudahan bagi proses belajar mengajar di sekolah tempat perpustakaan tersebut berada. Hal ini, terkait dengan kemajuan bidang pendidikan dan dengan adanya perbaikan metode belajar-mengajar yang dirasakan tidak bisa dipisahkan dari masalah penyediaan fasilitas dan sarana pendidikan. Gambar 2.8 menunjukkan gambar salah satu perpustakaan yang ada di Indonesia yaitu perpustakaan ITS.



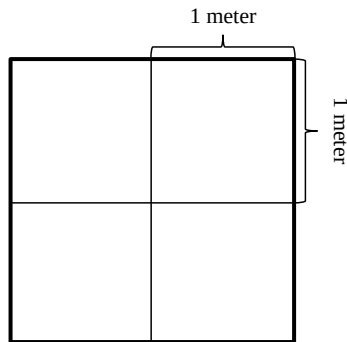
Gambar 2.8 Gedung Perpustakaan ITS
(<http://library.its.ac.id/page/detail/sejarah-perpustakaan-its>)

Ruang perpustakaan memiliki standart tersendiri terkait dengan pencahayaan. EN 12464-1 memberikan standart nilai kuat pencahayaan untuk bagian rak buku dan area membaca. Untuk bagian rak buku kuat pencahayaan nilainya sebesar 200 lux. Sedangkan untuk area meBaca nilai kuat pencahayaannya adalah 500 lux.

2.6 Titik Ukur

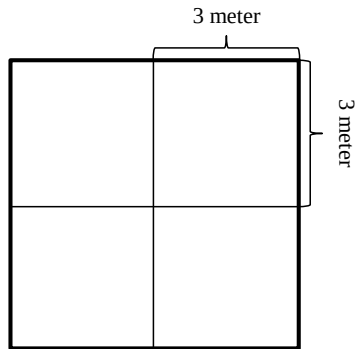
Proses pengukuran kuat pencahayaan baik di dalam maupun luar ruangan harus memperhatikan prosedur pengukuran dari standart baku yang digunakan. Dalam penelitian ini standart yang digunakan adalah SNI-16-7062-2004 tentang pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja. Peralatan yang digunakan untuk pengukuran adalah lux meter. Untuk perpustakaan penerangan yang diukur adalah penerangan umum dan penerangan setempat. Pengukuran penerangan setempat dilakukan untuk mengetahui lebih detail mengenai pencahayaan pada bagian-bagian tertentu seperti meja baca dan rak-rak buku. Jarak titik pengambilan data kuat pencahayaan ditentukan berdasarkan luas ruangan yang diukur.

1. Luas ruangan kurang dari 10 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 1(satu) meter.



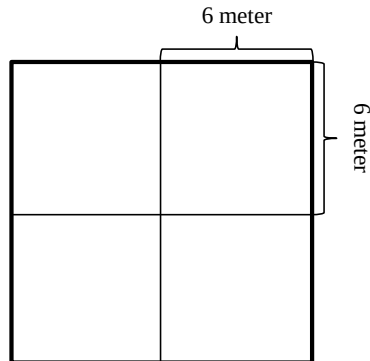
Gambar 2.9 Titik pengukuran penerangan umum dengan luas kurang dari 10 m² (SNI-16-7062-2004)

2. Luas ruangan antara 10 meter persegi sampai 100 meter persegi: titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 (tiga) meter.



Gambar 2.10 Penentuan titik pengukuran penerangan umum dengan luas antara $10 \text{ m}^2 - 100 \text{ m}^2$ (SNI-16-7062-2004)

3. Luas ruangan lebih dari 100 meter persegi: titik potong horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak 6 meter.



Gambar 2.11 Penentuan titik pengukuran penerangan umum dengan luas lebih dari 100 m^2 (SNI-16-7062-2004)

2.7 Metode Lumen

Di dalam proses pengukuran kuat pencahayaan terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu metode titik dan metode lumen. Pada metode lumen atau metode *zonal cavity* terdapat 4 langkah yang perlu dilakukan. Langkah-langkah tersebut diawali

dengan menentukan rasio ruangan, reflektansi ruangan efektif, *coefficient of utilization*, dan menghitung tingkat kuat pencahayaan rata-rata. Terdapat formula standard yang digunakan untuk menghitung nilai kuat pencahayaan yaitu:

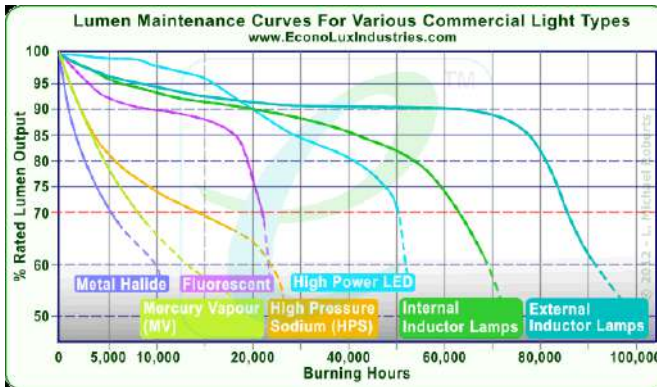
$$E = \frac{N \times n \times \Phi_{total} \times CU \times LLF}{A} \quad (2.9)$$

Dengan N adalah jumlah apartur; n adalah banyaknya lampu tiap apartur, Φ_{tot} fluks luminus masing-masing apartur, *CU* merupakan koefisien penggunaan, *LLF* adalah koefisien depresiasi, dan A adalah luas area pengukuran.

LLF (*Light Loss Factor*) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.10

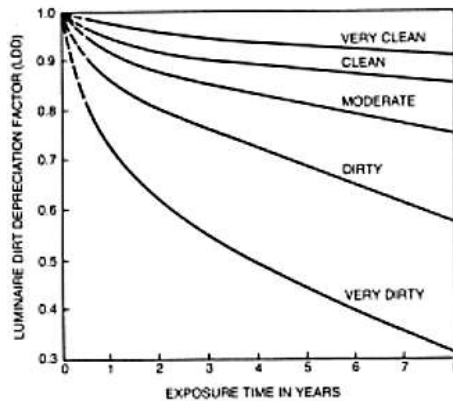
$$LLF = LLD \times LDD \times BF \quad (2.10)$$

LLD (*Lamp Lumen Depreciation*), *LDD* (*Luminaire Dirt Depreciation*), *BF* (*Balast Factor*) (Holophane,1990).



Gambar 2.12 Grafik LLD (*Lamp Lumen Depreciation*)
<http://econolux.de/technology/>

Pengertian dari *LLD* (*Lamp Lumen Depreciation*) yaitu penurunan nilai lumen yang dikeluarkan oleh lampu seiring waktu yang menyebabkan turunnya tingkat kemampuan memancarkan cahaya dari lampu tersebut.

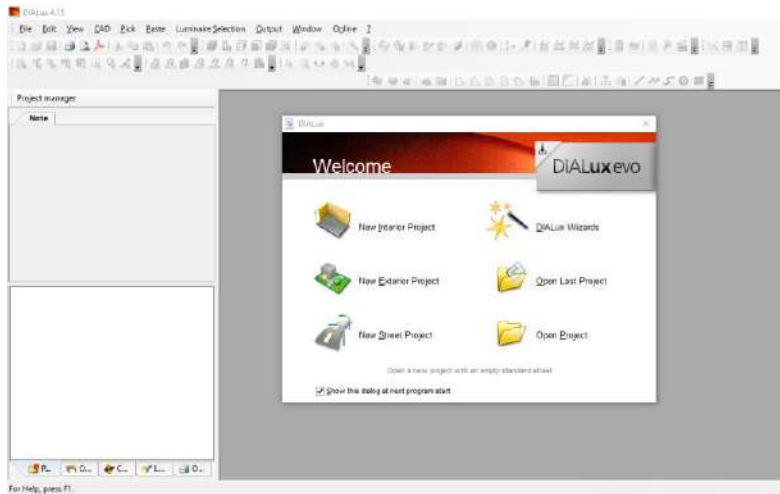


Gambar 2.13 Grafik (*Luminaire Dirt Depreciation*) LDD (Beckwith)

Gambar 2.13 merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara kekotoran lampu yang digunakan terhadap performa penggunaan lampu tersebut. Pengaruh adanya debu pada bagian dalam refraktor, reflektor, dan lampu adalah pada berkurangnya nilai lumen yang dipancarkan.

2.8 Software Dialux 4.13

DIALux 4.13 adalah salah satu *software* milik DIAL GmbH yang bergerak di bidang arsitektur bangunan. Pada penggunaan *DIALux* dapat dibuat kreasi bentuk ruangan sesuai kebutuhan dengan banyaknya tipe luminaire yang tersedia. Partner yang dimiliki dalam skala internasional salah satunya adalah lampu Philips. *Software DIALux* ini dapat didownload secara gratis. Sebelum dilakukan simulasi harus terlebih dahulu dibuat *planning* berupa analisis objek yang akan dibuat. Diamati dan dicatat semua kondisi yang diperlukan (Athens, 2013). Kemudian baru disimulasikan pada *DIALux* yang memiliki tampilan awal seperti yang tampak pada Gambar 2.13.



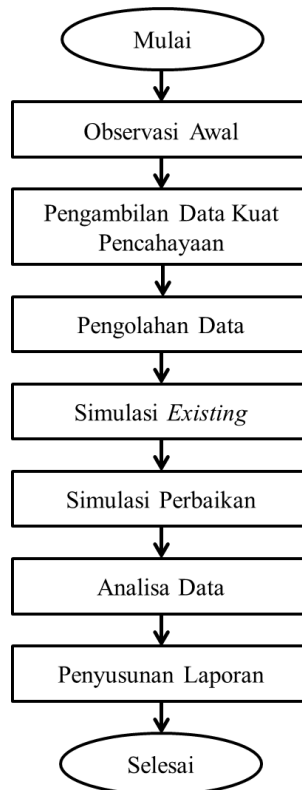
Gambar 2.14 Tampilan awal *DIALux* 4.13 (Athens, 2013)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tahap-Tahap Penelitian

Pembuatan desain optimasi Perpustakaan Lantai 5 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan yang tertera di Gambar 3.1.



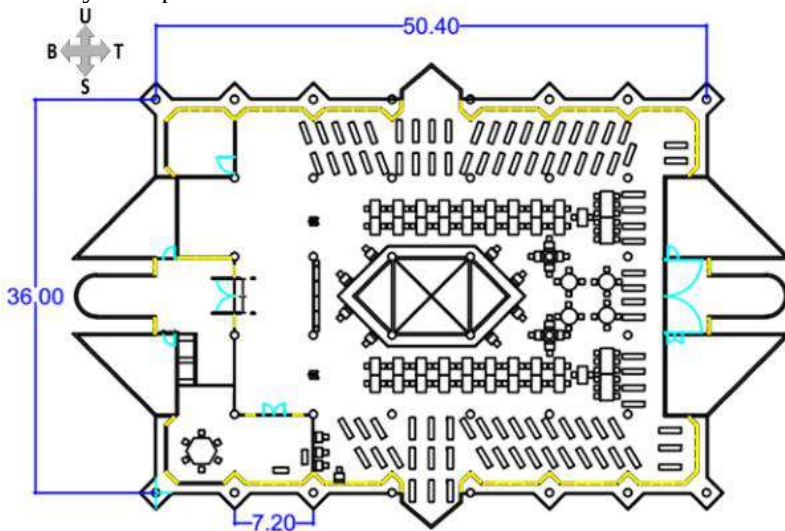
Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian

Dengan mengikuti tahapan-tahapan tersebut diharapkan dapat diperoleh data mengenai nilai kuat pencahayaan pada ruang baca.

Standar nilai kuat pencahayaan yang digunakan pada penelitian ini adalah standar EN 12464-1 untuk area khusus yaitu area rak buku dan area meja baca. Serta disesuaikan dengan standar SNI-16-7062-2004 untuk area perpustakaan secara umum.

3.2 Tahap Observasi Awal

Tahap observasi awal ini terdiri atas studi literatur mengenai pencahayaan dan parameter-parameter yang perlu dipelajari dalam pengambilan data kuat pencahayaan. Selanjutnya dilakukan peninjauan kondisi di perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya meliputi pengukuran dimensi ruangan, pengamatan warna ruangan, dan material yang digunakan pada permukaan ruangan. Pengukuran dimensi ruangan dilakukan dengan menggunakan laser meter untuk kemudian dibuat desainnya dengan menggunakan *software AutoCAD 2011*. Observasi juga dilakukan pada kondisi pencahayaan yang ada berupa jenis lampu yang digunakan, jumlah lampu, dan posisi peletakan lampu di ruangan. Gambar 3.2 adalah desain perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya tampak atas.



Gambar 3.2 Desain Tampak Atas Perpustakaan Lantai 5 ITS

Di dalam gedung perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya terdapat beberapa ruangan yaitu ruang staff, ruang PLN Corner, dan ruang untuk membaca yang berisi meja dan kursi serta sejumlah rak yang menjadi tempat buku-buku bacaan. Penelitian ini lebih difokusikan pada bagian ruang baca. Gambar ruang baca tampak dalam ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Ruang Baca Tampak Dalam (koleksi Pribadi)

Pada observasi awal diperoleh data mengenai detail ruangan yaitu ukuran dan dimensi dari ruang baca perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya:

1. Luas gedung lantai 5 yaitu $50,4 \times 36$ ($1814,4 \text{ m}^2$)
2. Luas ruang baca $1381,58 \text{ m}^2$
3. Ketinggian ruangan 2,8 m
4. Ketinggian lampu 2.8 m dari lantai

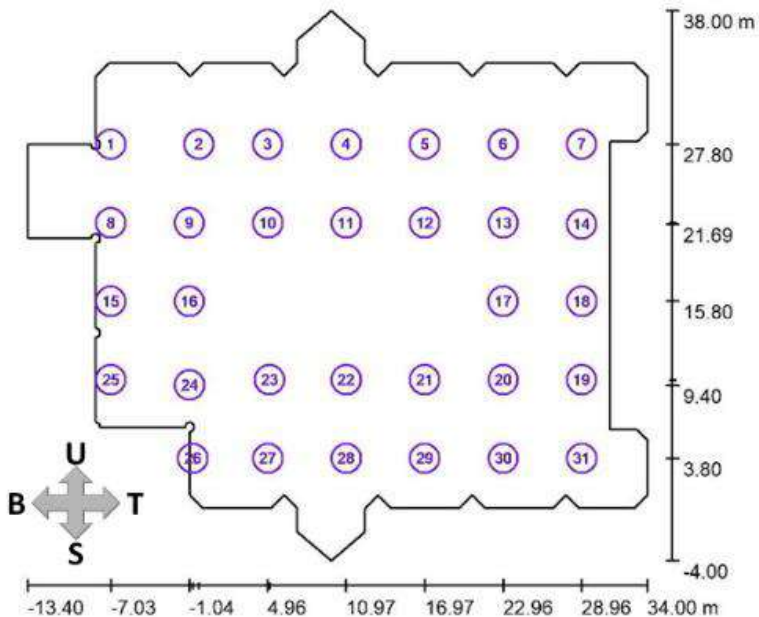
Selain dimensi ruangan diperoleh pula data mengenai jenis material yang digunakan di bagian permukaan setiap sisi ruangan serta warna dari material tersebut. Pengambilan data mengenai detail bahan dan warna ruangan berguna dalam hal menentukan seberapa besar reflektansi cahaya dari bahan yang digunakan. Pada sisi-sisi ruangan terdapat jendela dan pintu yang terbuat dari kaca. Seperti yang telah diketahui bahwa kaca merupakan bahan yang reflektif sehingga pantulan cahaya yang mengenai kaca kembali ke dalam ruangan.

Tabel 3.1 Data Material Permukaan Ruang Baca

No.	Sisi Ruangan	bagian	Material	Warna
1.	Depan	Pintu	Kaca	Bening
		Dinding	Concrete	Putih
2.	Belakang	Pintu	Kaca	Bening
		Dinding	Concrete	Putih
		Korden jendela	Kain	Putih tulang
		Jendela	Kaca	Bening
3.	kanan	Dinding	Concrete	Putih
		Korden jendela	Kain	Putih tulang
		Jendela	Kaca	Bening
4.	Kiri	Dinding	Concrete	Putih
		Korden jendela	Kain	Putih tulang
		Jendela	Kaca	Bening
5.	Atas	Atap	gypsum	Putih
6.	Bawah	Lantai	ubin	motif

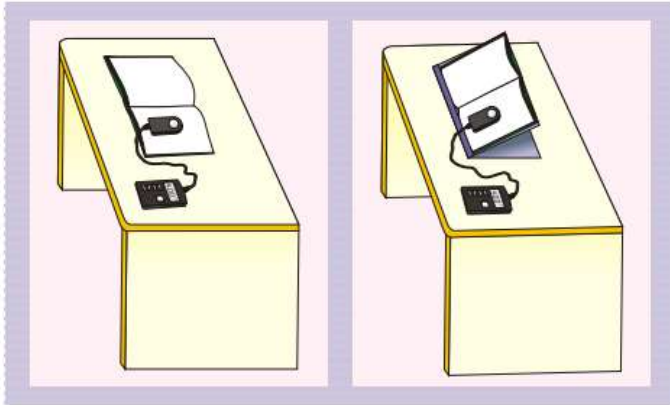
3.3 Tahap Pengukuran Kuat Pencahayaan

Proses pengambilan data pada tahap ini mengacu pada SNI 16-7062-2004 mengenai pengukuran intensitas penerangan di tempat kerja. Di dalamnya terdapat kriteria tertentu untuk luas ruangan yang akan diukur. Untuk ruangan perpustakaan lantai 5 yang memiliki luasan lebih dari 100 m² titik-titik pengukuran dibuat dengan jarak antar titik adalah 6x6 meter.



Gambar 3.4 Denah Titik Pengukuran Kuat Pencahayaan

Gambar 3.4 merupakan 31 titik pengukuran kuat pencahayaan secara umum dari perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya. Posisi ketinggian pengukuran adalah 1 meter di atas bidang kerja. Sedangkan untuk pengukuran kuat pencahayaan setempat titik-titik pengukurannya dilakukan pada tiap rak dan meja baca. Pengukuran kuat pencahayaan dilakukan dengan menggunakan lux meter tipe Lutron LX-1108. Untuk area rak buku pengambilan data dilakukan dengan pengukuran seperti yang terlihat pada Gambar 3.5. Sedangkan untuk meja baca pengukurannya dilakukan seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Pengukuran Kuat Pencahayaan di Meja Baca



Gambar 3.6 Pengukuran Kuat Pencahayaan di Rak Buku

3.4 Tahap Pengolahan Data

Data kuat pencahayaan yang telah didapat dari proses pengukuran kemudian dihitung nilai rata-ratanya serta dicatat nilai maksimum dan minimumnya. Selain itu juga dibuat mapping dengan menggunakan *software Surfer 11* untuk mengetahui keseragaman distribusi cahaya dari lampu yang digunakan pada ruangan. Dengan demikian dapat diketahui apakah nilai kuat pencahayaan yang didapatkan telah sesuai dengan standard yang dianjurkan untuk ruang perpustakaan.

3.5 Tahap Simulasi dengan Menggunakan *Software DIALux 4.13*

Hasil pengukuran dimensi ruangan, pengamatan warna permukaan ruangan, jenis lampu, posisi lampu, dan jumlah lampu yang digunakan disimulasikan dengan menggunakan *software DIALux 4.13*. Hasil simulasi tersebut kemudian dibandingkan dengan data yang didapatkan dari pengukuran dengan kondisi *existing* yang telah dilakukan. Jika hasil yang didapatkan belum sesuai dengan standart yang digunakan pada penelitian ini maka akan dibuat desain optimasi dengan simulasi lanjutan berupa perbaikan yang difokuskan pada bagian lampu. Yaitu pengaturan jenis lampu, posisi pemasangan lampu, dan jumlah lampu yang perlu digunakan.

Pada penelitian ini simulasi awal kondisi *existing* digunakan untuk mengetahui kondisi pencahayaan di dalam ruangan. Dilakukan beberapa simulasi perbaikan untuk mendapatkan hasil kuat pencahayaan yang optimal dengan pemakaian energi yang lebih hemat dibandingkan dengan kondisi awal ruangan. Berikut ini adalah beberapa simulasi yang dilakukan:

1. simulasi dengan mengganti semua lampu ruangan dengan lampu philips LED tipe LL 121X 1xLED45S/840 O lumen sebanyak 129 buah berdaya 32 Watt dan 6 buah lampu philips RS061B 1xLED tipe 5-36-/830 berdaya 6 Watt.
2. mengganti beberapa lampu dengan lampu philips tipe LL 121X 1xLED45S/840 O 4200 lumen sebanyak 129 buah berdaya 32 Watt dan 6 buah lampu philips RS061B 1xLED tipe 5-36-/830 berdaya 6 Watt dan pada posisi rak buku dan meja baca.
3. Mengganti jenis lampu dan menyesuaikan posisi lampu agar diperoleh efisiensi pemakaian daya di ruangan.

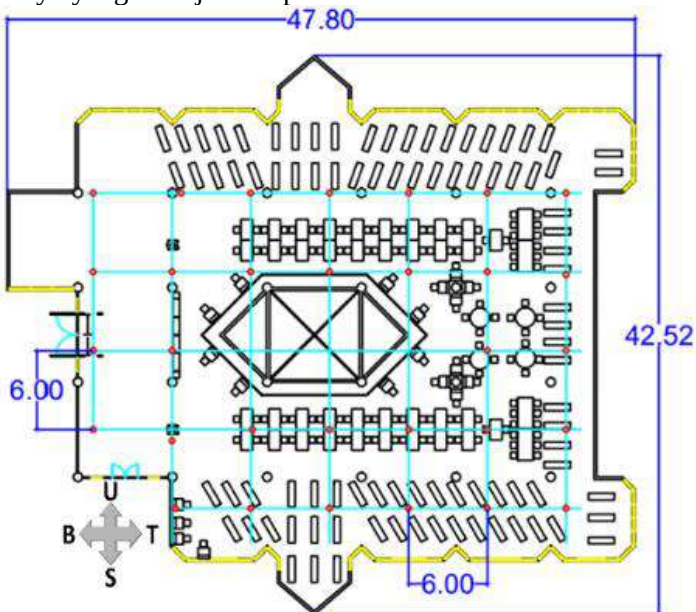
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum

Pengukuran kuat pencahayaan di perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya dilakukan dengan mengkondisikan ruangan dalam dua keadaan. Pertama seluruh lampu dimatikan untuk mengetahui kuat pencahayaan alami. Kedua seluruh lampu dinyalakan untuk mengetahui kuat pencahayaan total di dalam ruangan. Dengan adanya data-data tersebut dapat dilihat seberapa besar pengaruh penggunaan lampu di dalam ruangan. Proses pengambilan data dilakukan dari pukul 08.00-11.00 WIB. Terdapat 31 titik pengukuran yang dibuat di area baca perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya yang ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Denah Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum
(Koleksi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat denah titik-titik pengukuran kuat pencahayaan secara umum. Desain titik-titik pengukuran tersebut didasarkan pada SNI-16-7062-2004. Pada kondisi sebenarnya, terdapat sejumlah 131 armatur. 63 armatur lampu phillips tipe 1xTL-D36W/54-765 dengan fluks luminusnya sebesar 2500 lumen dan 68 armatur lampu phillips tipe 2xTL-D36W/54-765 dengan flux luminus sebesar 5000 lumen. Selain itu terdapat 6 buah lampu philips RS061B 1xLED tipe 5-36-/830 berdaya 6 Watt dengan fluks luminus 480 lumen. Data hasil pengukuran yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Umum

Jenis Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseseragaman U_o (minimum/rata-rata)
	E_{minimum} (Lux)	E_{Maksimum} (Lux)	$E_{\text{rata-rata}}$ (Lux)	
Lampu Menyala	43,3	130,8	90,27	0,48
Lampu Mati	1,12	71,3	13,13	0,09

Berdasarkan Tabel 4.1 nilai kuat pencahayaan yang didapatkan pada kondisi seluruh lampu dimatikan nilainya rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pencahayaan alami yang ada tidak terlalu berpengaruh pada kondisi pencahayaan ruangan. Terdapat banyak bukaan di ruang baca perpustakaan lantai 5 ITS berupa jendela di setiap sisi ruangan. Hanya saja bukaan tersebut ditutupi dengan gorden sehingga tidak ada cahaya yang masuk melewatinya. Penutupan dengan menggunakan gorden tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya silau yang berlebihan. Karena pada saat dilakukan pengukuran di area jendela dengan kondisi tanpa gorden nilai kuat pencahayaan yang didapatkan berkisar antara 5000-10000 lux.

Kuat pencahayaan rata-rata pada saat kondisi lampu ruangan menyala yang terukur hanya sebesar 90,27 lux. Nilai tersebut masih jauh dari standar yang dianjurkan untuk ruang perpustakaan yaitu rata-rata 300 lux. Penyebab dari rendahnya nilai tersebut adalah kondisi lampu di ruangan yang tidak maksimal. Untuk

lampu philips tipe 2xTL-D36W/54-765 yang digunakan seharusnya berisi dua buah lampu dalam satu armatur. Namun sebagian besar hanya bersisa satu dan bahkan ada yang kedua lampunya tidak menyala pada beberapa armatur. Masing-masing armatur yang berisi 2 lampu hanya ada 19 buah saja. Kondisi armatur yang kotor juga mempengaruhi pemancaran sinar dari lampu ke arah bidang kerja. Dengan demikian kuat pencahayaan yang dipancarkan oleh lampu tidak maksimal.

Selain dipengaruhi oleh posisi, jumlah, dan jenis lampu yang digunakan, nilai kuat pencahayaan pada pengukuran tersebut juga dipengaruhi oleh koefisien reflektansi dari warna dan jenis material pada permukaan dalam ruangan.

4.2 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan Setempat

Selain pengukuran secara umum, pengukuran kuat pencahayaan juga dilakukan secara setempat yaitu pada bagian meja-meja dan rak-rak yang terdapat di area baca. Proses pengukuran juga dilakukan pada saat kondisi ruangan seluruh lampunya dimatikan dan kemudian seluruh lampu dinyalakan. Pengukuran setempat ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat pencahayaan secara lebih rinci dari bagian area baca dan buku. Terdapat sejumlah 91 rak buku dan 46 meja baca. Pengambilan data kuat pencahayaan secara setempat ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih spesifik pada masing-masing area yaitu area rak buku dan area meja baca. Hasil pengukuran untuk kuat pencahayaan setempat di area rak buku dapat dilihat pada Tabel 4.2. Sedangkan untuk kuat pencahayaan di area meja baca ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Kuat Pencahayaan Setempat (rak buku)

Area Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseseragaman U_0 (minimum/rata-rata)
	E_{minimum} (Lux)	E_{Maksimum} (Lux)	$E_{\text{rata-rata}}$ (Lux)	
Bagian kanan	17,19	147,4	114,54	0,19
Bagian kiri	21,73	1779	55,45	0,31

Bagian tengah	13,91	114,2	36,18	0,38
Semua			81,35	0,17

Tabel 4.3 Kuat Pencahayaan Setempat (meja baca)

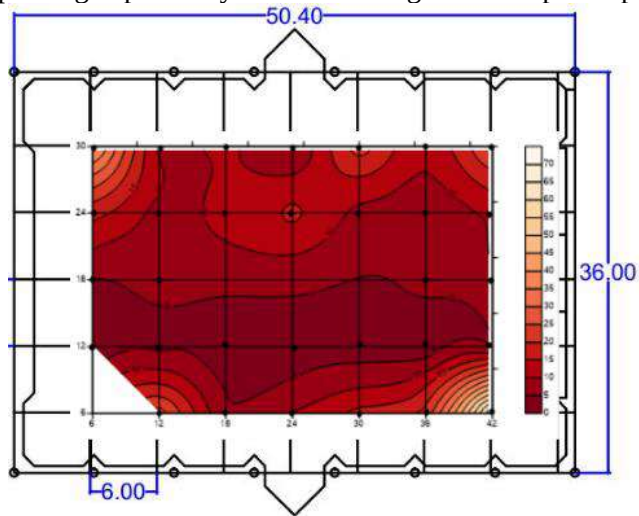
Area Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseseragaman U_0 (minimum/rata-rata)
	E_{minimum} (Lux)	E_{Maksimum} (Lux)	$E_{\text{rata-rata}}$ (Lux)	
Bagian kanan	45	124,9	89,49	0,5
Bagian kiri	41,2	127,5	91,32	0,45
Bagian tengah	95,7	125,7	110,15	0,87
Semua			92,06	0,45

Dari Tabel 4.2 dan 4.3 terlihat bahwa kuat pencahayaan yang terukur belum memenuhi standar yang dianjurkan yaitu 200 lux untuk rak buku dan 500 lux untuk meja baca. Pada area rak buku nilai keseragaman yang didapatkan sangat jauh dari standar yang seharusnya yaitu 0.6 untuk ruang perpustakaan. Penyebab utama ketidakseragaman tersebut adalah posisi rak buku yang berdekatan satu sama lain dan memiliki kemiringan seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. mayoritas rak yang berada jauh dari jendela nilai kuat pencahayaannya lebih rendah dibandingkan dengan yang dekat jendela. Cahaya yang seharusnya mengenai rak tersebut terhalang karena pemosisian rak yang miring. Sementara untuk area meja baca nilai keseragaman kuat pencahayaan yang didapatkan jauh lebih besar dibandingkan yang didapatkan pada area rak buku. Penempatan meja baca yang tepat berada di bawah lampu memberikan hasil yang lebih baik.

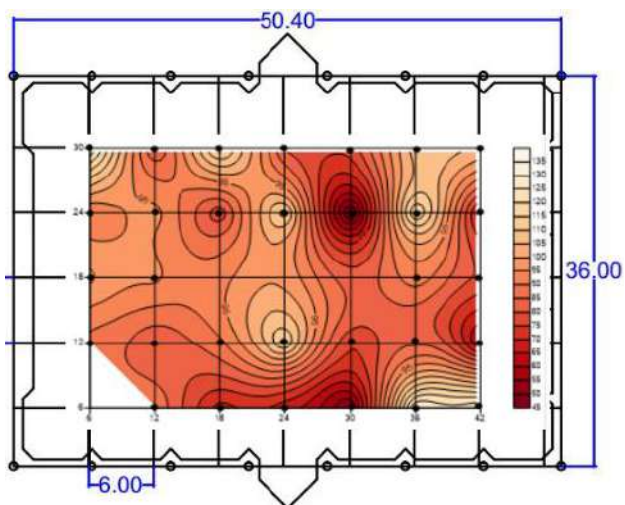
4.3 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Titik

Dari data pengukuran yang telah diperoleh dibuat plot yang menggambarkan hubungan antar titik-titik pengukuran yang digunakan. Selain itu dapat juga dilihat dengan jelas keseragaman kuat pencahayaan yang ada. Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan

hasil plottingan pencahayaan umum dengan dan tanpa lampu.



Gambar 4.2 Plot Hasil Pengukuran Umum dengan Lampu Dimatikan
(Koleksi Pribadi)

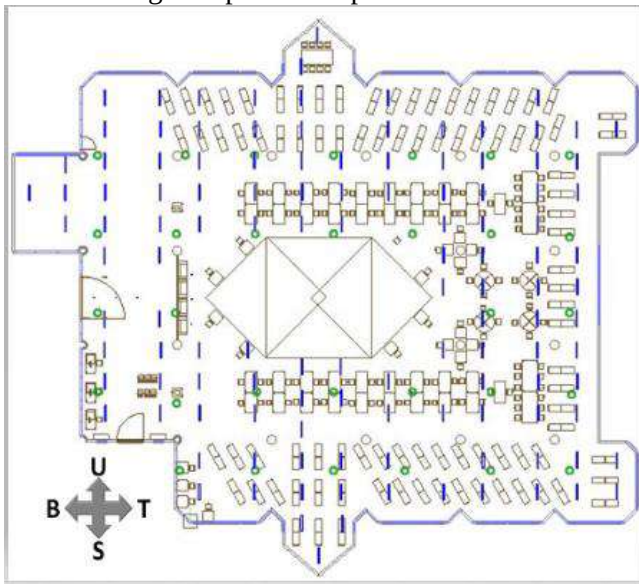


Gambar 4.3 Plot Hasil Pengukuran Umum dengan Lampu Menyala
(Koleksi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.2 dan 4.3 terlihat jelas dari degradasi warna yang terbentuk bahwa kuat pencahayaan ruang baca perpustakaan belum merata. Terutama pada kondisi ruang tanpa pencahayaan buatan berupa lampu. Nilai yang terukur pada tiap titik tidak ada yang memenuhi standar yang seharusnya.

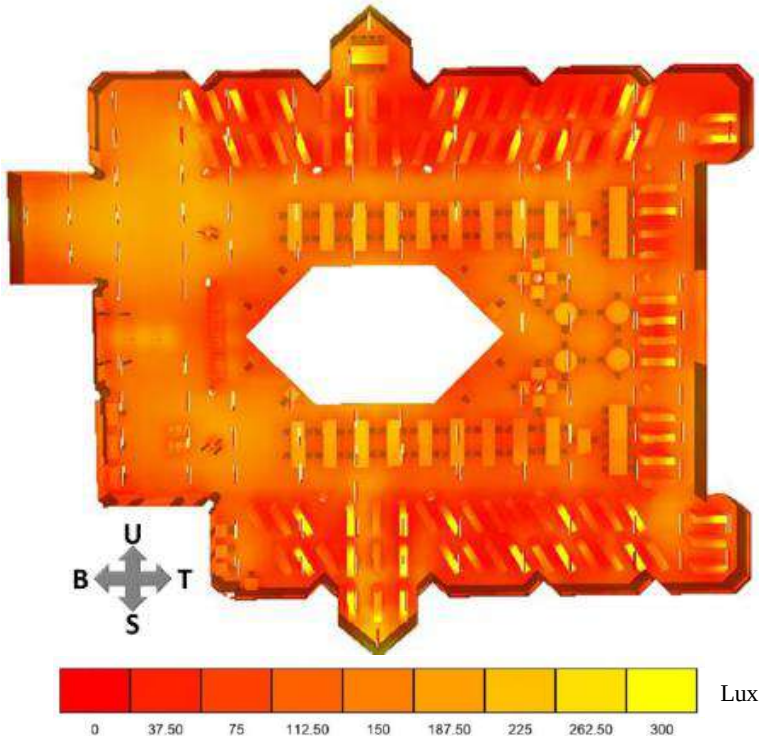
4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi *Existing*

Setelah dilakukan pengukuran kuat pencahayaan dan diketahui bahwa hasil rata-ratanya tidak sesuai dengan standar yang dianjurkan maka dibuat simulasi kondisi *Existing* dengan data-data yang didapatkan pada saat observasi awal. Yaitu data mengenai dimensi ruangan, warna permukaan ruangan, jenis lampu, jumlah lampu, dan posisi peletakan lampu di dalam ruangan. Selain itu juga diperlukan data mengenai furnitur apa saja yang terdapat pada ruangan. Desain posisi awal lampu yang digunakan di ruangan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Desain Posisi Lampu Kondisi *Existing* (Koleksi Pribadi)

Sedangkan untuk hasil simulasi kondisi *existing* dengan menggunakan model *falsecolor* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Kondisi *Existing* model *false color* (Koleksi Pribadi)

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa keseragaman dari kuat pencahayaan di ruangan baca perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya belum merata. Mayoritas masih ada di rentang warna merah yang memiliki nilai kuat pencahayaan di bawah standard yaitu 300 lux. Hanya di beberapa bagian rak saja yang sudah mendekati nilai standard. Penyebab kurangnya keseragaman tersebut yaitu karena posisi penempatan lampu yang kurang tepat. Selain itu dapat pula disebabkan oleh kemampuan lampu dalam memancarkan lumen

yang sudah berkurang seiring dengan umur pemakaian lampu.

Pada simulasi ini dilakukan dengan menyesuaikan kondisi yang ada sebagaimana kondisi sesungguhnya di ruangan. Data kuat pencahayaan hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan data hasil pengukuran langsung di ruangan. Nilai perbandingan diharapkan mendekati angka 1 untuk memastikan bahwa kuat pencahayaan secara pengukuran dengan kuat pencahayaan secara simulasi yang dilakukan telah sesuai. Pada ruangan armatur dengan lampu tipe 2 x TL-D 36W/54-765 sejumlah 68 lampu yang digunakan mayoritas tinggal 1 lampu untuk masing-masing armatur. Hanya 19 armatur saja yang berisi 2 lampu. Kondisi demikian akan mempengaruhi hasil pengukuran dan simulasi yang diperoleh. Perbandingan antara hasil pengukuran kondisi *existing* dan hasil simulasi ditampulkan pada Gambar 4.4

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi *Existing* dengan Hasil Simulasi *Existing*

Jenis Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseseragaman U_o (minimum/rata-rata)	Nilai Rekomendasi	
	E_{min} (Lux)	E_{Maks} (Lux)	E_{ave} (Lux)		E (Lux)	U_o
<i>Exisitng</i>	43,3	130,8	90,27	0,48	300	0,6
Simulasi <i>Exisitng</i>	75	247	168	0,47	300	0,6

Berdasarkan data pada Tabel 4.4 terlihat bahwa terdapat selisih yang cukup besar antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Hal itu disebabkan karena pada saat simulasi lampu yang digunakan dalam kondisi maksimalnya. Sedangkan untuk lampu yang digunakan di dalam ruangan telah mengalami pengurangan kemampuan akibat penggunaannya selama di ruangan. Untuk itu diperlukan perhitungan kembali agar perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran mendekati 1.

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari nilai *LLF* dan *CU* untuk menyesuaikan hasil pengukuran dengan hasil simulasi. Data yang diketahui:

- Luas Ruang Baca = 1381,58 m²
- Kuat Pencahayaan rata-rata = 90,27 m²
- Fluks Luminus 19 Lampu Philips 2xTL-D36W/54-765 @5000 lm = 95000 lm
- Fluks Luminus 112 lampu Philips 1xTL-D36w/54-765 @2500 lm = 280000 lm
- Fluks Luminus 6 Lampu Philips RS061B 1xLED tipe 5-36-/830 @480 = 2880 lm
- Fluks Luminus total lampu = 95000 + 280000 + 2880 = 377880 lm
- $LLF = LLD \times LDD \times BF$

LLF (Light Loss Factor); LLD (Lamp Lumen Depreciation); LDD (Luminaire Dirt Depreciation); BF (Ballast Factor).

Untuk ruang perpustakaan lantai 5 ITS sendiri tergolong cukup bersih sehingga nilai *LDD*-nya adalah 0,9 (dilihat dari grafik pada gambar 2.13). Sedangkan untuk nilai *LLD*-nya adalah:

$$LLD = 9 \text{ jam} \times 360 \text{ hari} = 3240 \text{ dari tabel sekitar } 85\%$$

Nilai *BF* bervariasi antara 0,9-1 dan diambil sebesar 0,9.

$$LLF = 0,85 \times 0,9 \times 0,9 = 0,69$$

$$CU = \frac{E_{AV} \times A}{LLF \times \phi_{tot}}$$

$$CU = \frac{90,27 \times 1381,58}{0,69 \times 377880} = 0,48$$

Untuk memenuhi nilai kuat pencahayaan yang sesuai dengan standar yang dianjurkan dengan menggunakan lampu tipe 1 x TL-D36W/54-765, diperlukan perhitungan jumlah lampu yang dibutuhkan:

$$\phi_{tot} = \frac{E_{av} \times A}{CU \times LLF}$$

$$\begin{aligned} \phi_{tot} &= 300 \times 1381,58 / 0,48 \times 0,69 \\ \phi_{tot} &= 1251431 \end{aligned}$$

$$n = \phi_{tot} / l$$

$$n = 1251431 / 2500$$

$$n = 500$$

$$E_{av \text{ penurunan}} = E_{av \text{ simulasi}} \times CU$$

$$E_{av \text{ penurunan}} = 168 \times 0,48$$

$$E_{av \text{ penurunan}} = 80,6$$

Hasil simulasi yang diperoleh dikalikan dengan CU sehingga diperoleh perbandingan antara kuat pencahayaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran sebagai berikut.

$$\frac{E_{av \text{ simulasi}}}{E_{av \text{ pengukuran}}} = \frac{80,6}{90,27} = 0,9$$

Dari perbandingan tersebut diperoleh nilai sebesar 0,9 yang menunjukkan bahwa hasil simulasi dengan menggunakan *DIALux* sudah cukup sesuai mendekati nilai 1. Sedangkan untuk jumlah daya yang dipakai pada ruangan perpustakaan lantai 5 ITS Surabaya, diperoleh dari perkalian antara banyaknya jumlah lampu dengan besar daya yang dibutuhkan oleh setiap lampu.

$$112 \text{ lampu} \times 43 \text{ Watt} = 4816 \text{ Watt}$$

$$19 \text{ lampu} \times 85 \text{ Watt} = 1615 \text{ Watt}$$

$$6 \text{ lampu} \times 6 \text{ Watt} = 36 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya total} = 6467 \text{ Watt}$$

Perkiraan jumlah daya yang digunakan pada ruang baca saat ini adalah 6467-Watt dengan kondisi ruang belum memenuhi standar. Untuk penghematan energi diperlukan desain optimasi yang menggunakan lampu dengan daya yang lebih hemat di bawah 6467 Watt.

4.5 Simulasi Perbaikan Desain Pencahayaan

Sebelum dibuat simulasi perbaikan terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya nilai fluks luminus yang dibutuhkan pada ruang baca perpustakaan lantai 5 ITS.

$$E_{av} = \frac{\phi_{tot} \times CU \times LLF}{A}$$

$$\phi_{tot} = \frac{E_{av} \times A}{CU \times LLF}$$

$$\phi_{tot} = \frac{300 \times 1381,58}{0,48 \times 0,69}$$

$$\phi_{tot} = 1251431 \text{ lumen}$$

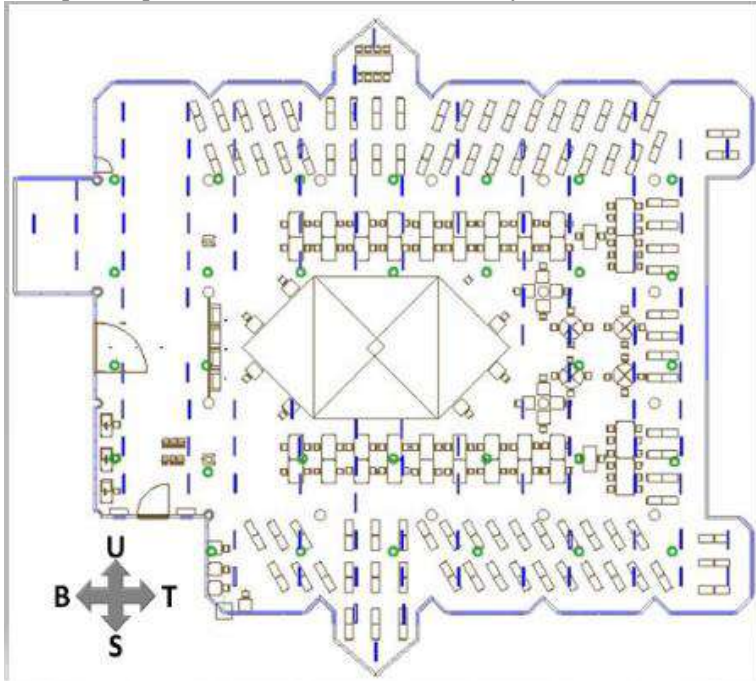
Dengan mengetahui nilai lumen yang dibutuhkan ruangan maka dapat diperkirakan jenis lampu dan jumlah lampu yang perlu digunakan. Selain penentuan jenis lampu, penempatan posisi lampu juga sangat berpengaruh pada hasil pengukuran kuat pencahayaan terutama dalam hal keseragaman nilainya.

Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa simulasi dengan mengganti jenis, jumlah, dan posisi peletakan lampu di dalam ruangan. Dari beberapa simulasi tersebut diambil dua simulasi perbaikan. Simulasi pertama digunakan untuk mengetahui hasil kuat pencahayaan ruangan dengan kondisi lampu pada performa maksimal. Sedangkan simulasi kedua menggambarkan hasil simulasi terbaik dari beberapa simulasi yang telah dilakukan.

4.1.1 Simulasi Perbaikan Pertama

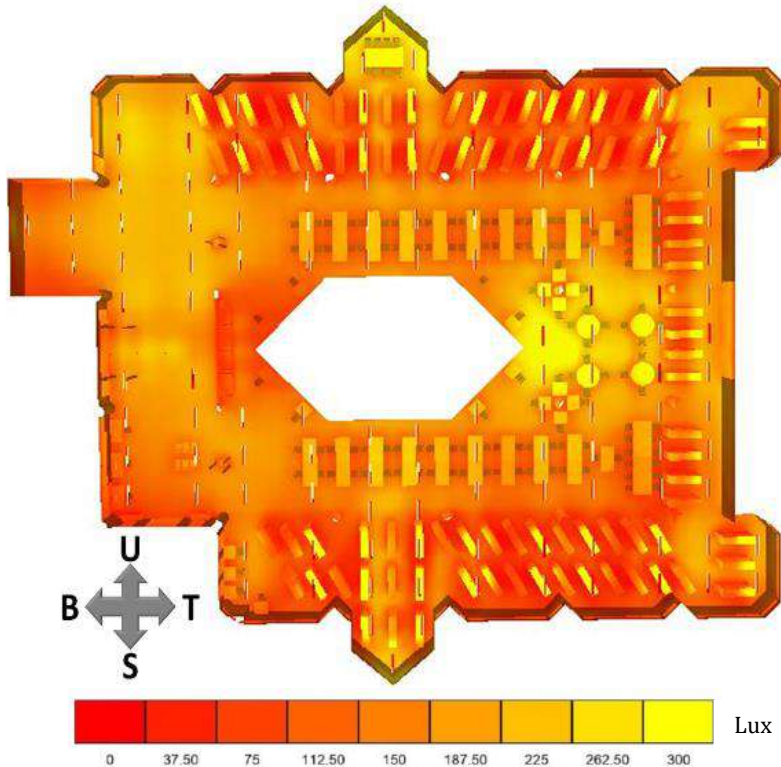
Pada simulasi perbaikan ini dilakukan penambahan lampu pada beberapa armature yang seharusnya dalam masing-masing armature berisi 2 lampu namun pada kondisi nyatanya hanya berisi 1 buah lampu. Penggantian tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi terbaik ruangan pada saat

pemasangan lampu di awal. Desain posisi lampu ditampilkan pada Gambar 4.6 dan hasil simulasi perbaikan pertama ditampilkan pada Gambar 4.7 dalam model *false color*.



Gambar 4.6 Desain Posisi Lampu Perbaikan Pertama (Koleksi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat posisi penempatan lampu seperti pada kondisi pengukuran di ruangan. Jumlah total lampu yang digunakan totalnya adalah sebanyak 131 lampu. Dengan penggantian lampu yang dilakukan maka jumlah total lampu untuk tipe 1xTL-D36W/54-765 sebanyak 63 lampu dan untuk tipe 2xTL-D36W/54-765 adalah sebanyak 68 lampu.



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Perbaikan Pertama model *false color* (Koleksi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat terjadinya peningkatan nilai kuat pencahayaan yang tampak pada degradasi warna yang sudah lebih mendekati warna kuning. Namun masih terdapat beberapa area yang terlihat berwarna merah. Hal tersebut dapat terjadi akibat posisi peletakan antar rak buku yang cukup berdekatan yang menyebabkan bayangan dari beberapa rak mengenai area buku-buku di rak belakangnya. Posisi penempatan rak yang tepat akan dapat mengurangi bahkan menghilangkan terjadinya peristiwa pembayangan pada area rak baca. Selain itu dapat dilakukan perbaikan dengan mengganti pencahayaan secara

langsung yang digunakan pada ruangan dengan pencahayaan secara tidak langsung. Yaitu dengan cara mengarahkan lampu pada area atap. Namun perbaikan tersebut juga harus dibarengi dengan perawatan atap yang baik akibat intensitas cahaya yang dikenakan pada atap cukup besar. Pada Tabel 4.5 diperoleh hasil simulasi dengan kuat pencahayaan rata-rata yang lebih baik daripada hasil pengukuran.

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi *Existing* dengan Hasil Simulasi Perbaikan Pertama

Jenis Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseragaman U_o (minimum/rata-rata)	Nilai Rekomendasi	
	E_{min} (Lux)	E_{Maks} (Lux)	E_{ave} (Lux)		E (Lux)	U_o
<i>Exisitng</i>	43,3	130,8	90,27	0,48	300	0,6
Simulasi	100	360	201	0,5	300	0,6

berdasarkan Tabel 4.5 maka berikut ini adalah perhitungan daya yang dibutuhkan untuk simulasi perbaikan yang pertama.

$$63 \text{ lampu} \times 43 \text{ Watt} = 2709 \text{ Watt}$$

$$68 \text{ lampu} \times 85 \text{ Watt} = 5780 \text{ Watt}$$

$$6 \text{ lampu} \times 6 \text{ Watt} = 36 \text{ Watt}$$

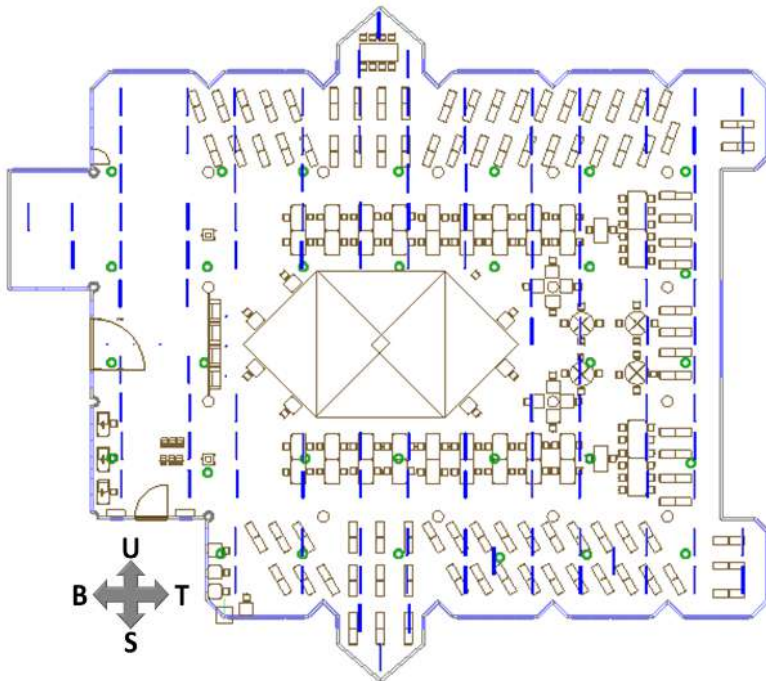
$$\text{Daya total} = 8525 \text{ Watt}$$

Meskipun sudah dilakukan perbaikan dengan memberikan perbaikan lampu pada aramatur seperti yang terdapat di ruangan, tetap tidak dihasilkan nilai kuat pencahayaan yang memenuhi standar. Daya yang dibutuhkan juga jauh lebih besar. Ketidakmerataan yang terjadi jelas terlihat pada area rak buku. Dengan kondisi tersebut pencahayaan berupa lampu yang ada diperpustakaan perlu digantikan dengan lampu jenis lain terutama pada area rak buku dan meja baca guna meningkatkan kuat pencahayaannya sehingga memenuhi standar yang dianjurkan. Penggantian lampu dapat dilakukan dengan menggunakan lampu LED yang dapat memancarkan fluks luminus yang lebih besar

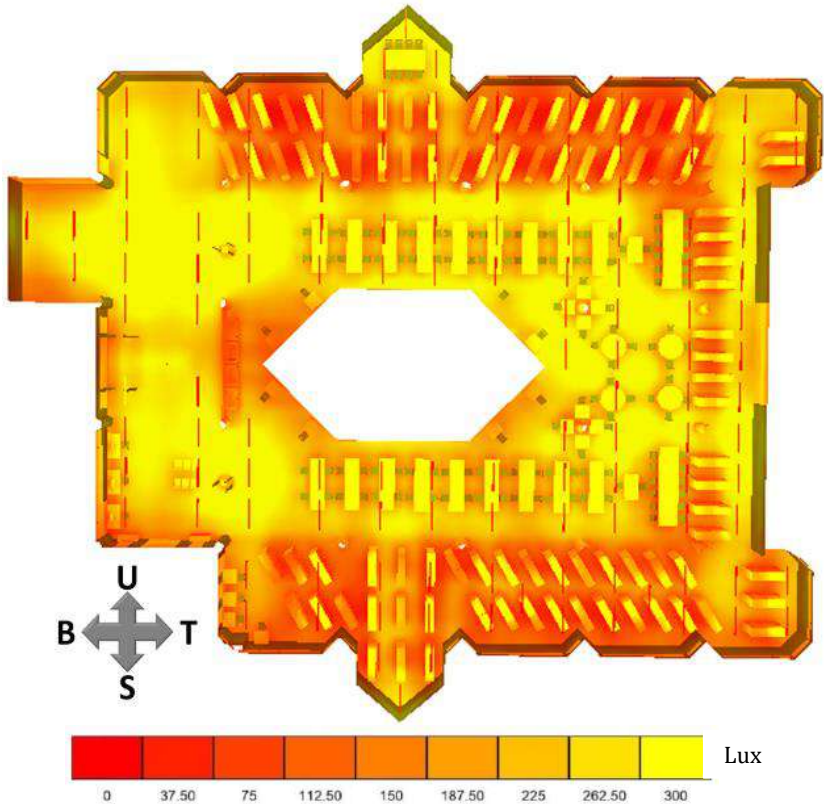
dengan daya yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan dengan lampu TL. Sehingga diharapkan akan dapat mengurangi pemakaian energi dan dapat menghemat pengeluaran biaya pemakaian lampu di ruangan.

4.1.2 Simulasi Perbaikan Kedua

Simulasi perbaikan ini dilakukan dengan mengganti semua lampu yang terdapat di ruangan menggunakan lampu philips tipe LL121X 1xLED42S/840 O yang memancarkan fluks luminous sebesar 4200 lumen dan membutuhkan daya untuk tiap lampu sebanyak 32 Watt. Dilakukan pula penambahan beberapa lampu pada area rak buku guna meningkatkan kuat pencahayaan yang dihasilkan dari proses simulasi. Gambar penempatan lampu dan hasil simulasinya ditampilkan pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8 Desain Posisi Lampu Perbaikan Kedua (Koleksi Pribadi)



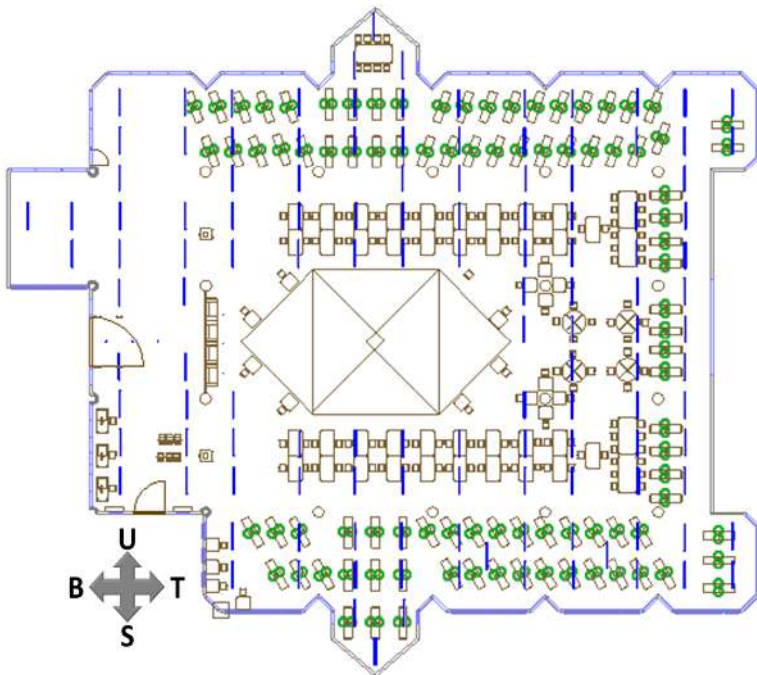
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Kuat Pencahayaan Perbaikan Kedua model *false color* (Koleksi Pribadi)

. Dengan penggantian lampu yang dilakukan diperoleh nilai kuat pencahayaan dan tingkat keseragaman yang memenuhi standard untuk titik-titik pengukuran secara umum. Berdasarkan Gambar 4.9 degradasi warna kuning yang cukup merata pada area meja baca namun masih kurang untuk area rak buku. Hasil simulasi perbaikan kedua ditampilkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi *Existing* dengan Hasil Simulasi Perbaikan Kedua

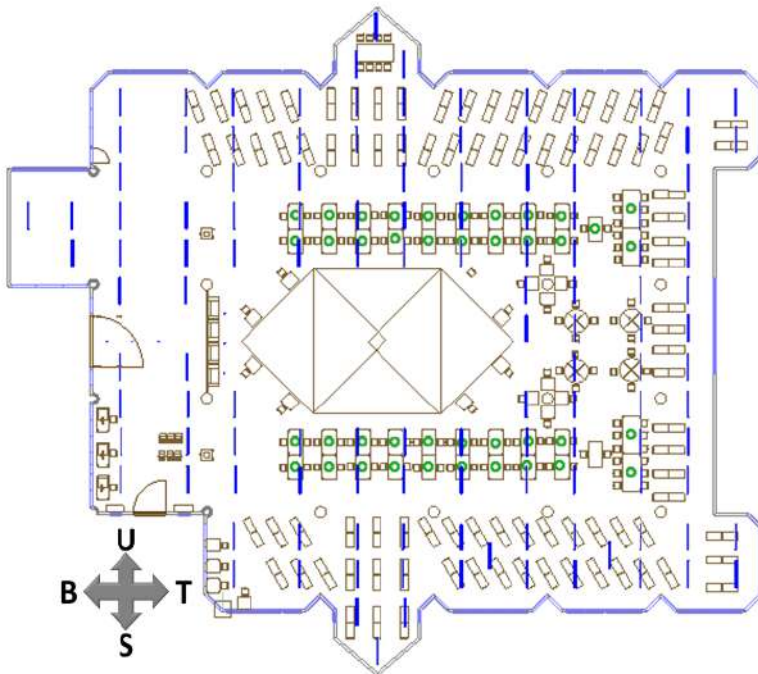
Jenis Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseragaman U_o (minimum/rata-rata)	Nilai Rekomendasi	
	E_{min} (Lux)	E_{Maks} (Lux)	E_{ave} (Lux)		E (Lux)	U_o
<i>Existing</i>	43,3	130,8	90,27	0,48	300	0,6
Simulasi	213	441	344	0,62	300	0,6

Hasil simulasi kuat pencahayaan secara umum yang diperoleh perlu disimulasikan kembali dengan menempatkan titik-titik pengukuran pada area meja baca sendiri dan area rak buku sendiri. Titik-titik pengukuran untuk masing-masing area tersebut ditampilkan pada Gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Desain Posisi Lampu Perbaikan Kedua pada Area Rak Buku (Koleksi Pribadi)

Gambar 4.10 merupakan posisi penempatan titik pengukuran pada area rak buku. penempatan pada tiap rak dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pancaran cahaya dari lampu mengenai buku-buku yang ada di dalam rak. selain itu juga diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembayangan yang terjadi akibat penempatan rak yang cukup berdekatan satu sama lain.



Gambar 4.11 Desain Posisi Lampu Perbaikan Kedua pada Area Meja Baca (Koleksi Pribadi)

Gambar 4.11 menunjukkan posisi penempatan titik pengukuran area meja baca. Untuk meja baca sendiri standar minimal kuat pencahayaan yang dianjurkan yaitu 300 lux. Sememntara untuk

area rak buku sekitar 200 lux. Untuk hasil simulasi yang dilakukan pada area meja baca saja sudah memenuhi standard. Sedangkan pada area rak buku baik nilai kuat pencahayaan maupun keseragamannya masih belum memenuhi standart pada beberapa titik. Data mengenai hasil perbaikan ditampilkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Pengukuran kondisi pada Meja Baca dan Rak Buku Hasil Simulasi Perbaikan Kedua

Jenis Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseragaman U_o (minimum/rata-rata)	Nilai Rekomendasi	
	E_{min} (Lux)	E_{Maks} (Lux)	E_{ave} (Lux)		E (Lux)	U_o
Meja Baca	248	510	406	0,55	300	0,6
Rak Buku	6,24	380	95	0,07	300	0,6

Pada Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa dari hasil simulasi untuk kuat pencahayaan pada area meja baca sudah memenuhi standart dengan nilai kuat pencahayaannya di atas 300 lux. Hal tersebut dikarenakan beberapa lampu yang digunakan posisinya tepat berada di atas meja baca sehingga pancaran cahaya dari lampu langsung mengarah pada meja. Sedangkan untuk area rak buku nilai kuat pencahayaan rata-rata yang diperoleh hanya sebesar 95 lux dengan keseragamannya 0,07. Kurangnya nilai-nilai tersebut terutama pada beberapa titik dengan kuat pencahayaan di bawah 10 lux dapat disebabkan karena penempatan rak yang kurang tepat sehingga terbentuk bayangan. Selain itu beberapa rak pada titik pengukuran berada di dekat tiang sehingga cahaya lampu yang seharusnya dapat mengenai rak terhalang oleh tiang-tiang tersebut. Pemindahan posisi rak saja dirasa belum dapat maksimal jika tidak dibarengi dengan penambahan instalasi lampu di area rak buku sehingga dapat diperoleh peningkatan kuat pencahayaan dan keseragamannya. Berikut ini adalah perhitungan pemakaian daya yang dipibutuhkan untuk desain perbaikan yang kedua.

$$129 \text{ lampu} \times 32 \text{ Watt} = 4128 \text{ Watt}$$

$$6 \text{ lampu} \times 6 \text{ Watt} = 36 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya total} = 4164 \text{ Watt}$$

Hasil perhitungan daya yang dibutuhkan menunjukkan bahwa ketika semua lampu diganti dengan lampu LL121X 1xLED42S/840 O terjadi efisiensi energi dari kondisi awal yang membutuhkan daya sebesar 6467 Watt berkurang menjadi 4164 Watt. Meskipun dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk penggantian lampu tersebut, namun dengan nilai luas pencahayaan yang memenuhi standar dengan umur pakai lampu LED yang lebih lama akan dapat mengurangi biaya pemakaian lampu dalam beberapa tahun ke depan. Misalkan saja dibuat perhitungan perbandingan biaya pemakaian lampu per bulan untuk lampu TL pada kondisi awal ruangan dan lampu LED untuk kondisi perbaikan sebagai berikut:

Tariff listrik PLN per Maret 2018 yaitu Rp 1467,28/kWh

- Untuk pemakaian lampu TL:

$$\text{Daya total} = \frac{6467 \text{ Watt}}{1000} = 6,467 \text{ kWh}$$

$$6,467 \text{ kWh} \times 8 \text{ jam} \times \text{Rp } 1467,28 \times 30 \text{ hari} = \text{Rp } 2.277.335$$

- Untuk pemakaian lampu LED :

$$\text{Daya total} = \frac{4164 \text{ Watt}}{1000} = 4,164 \text{ kWh}$$

$$4,164 \text{ kWh} \times 8 \text{ jam} \times \text{Rp } 1467,28 \times 30 \text{ hari} = \text{Rp } 1.466.340$$

Perhitungan efisiensi: $6467 - 4164 = 2303$

$$\frac{2303 \times 100 \%}{6467} = 35 \%$$

Dari perhitungan ini maka dapat diperoleh penghematan pengeluaran sekitar Rp 800.000,- untuk tiap bulannya pada ruang baca lantai 5. Jika dilakukan penggantian pada ruangan di lantai yang lain akan diperoleh penghematan energi yang cukup besar untuk ke depannya, meskipun dibutuhkan dana yang cukup besar di awal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengukuran pencahayaan belum memenuhi standard yaitu kuat pencahayaannya 90,27 lux dan distribusi keseragamannya 0,48 dengan jumlah lampu TL-D36W/54-765 yang digunakan 131 lampu.
2. Perbandingan nilai kuat pencahayaan hasil pengukuran dan hasil simulasi kondisi *existing* bernilai 0,9.
3. Desain efisiensi energi yang lebih tepat adalah desain yang kedua. Karena dihasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 344 dan keseragaman 0,62 dengan daya yang dibutuhkan sebesar 4164 Watt atau dapat dikatakan efisiensinya sebesar 35 %.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian yang lebih detail mengenai parameter-parameter lain selain kuat pencahayaan.
2. Perlu dilakukan optimasi pada perbaikan posisi rak buku di ruangan agar tidak terjadi pembayangan.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan pencahayaan alami di ruangan.
4. Perlu dibuat desain yang lebih baik dengan menggunakan *DIALux evo* untuk hasil yang lebih tampak nyata.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- A, Esmaeili dkk. 2014. "Lighting intensity in university libraries of Rafsanjan, Iran". JOHE Spring 2017; 6 (2)
- Amorim, Raquel dkk. 2016. "Proposal for Sustainable Dynamic Lighting in Sport Facilities to Decrease Violence among Spectators". Spanyol: Universitas Granada.
- Argus Control System. 2017. "Light and Lighting Control in Green Houses". Canada.
- Beckwith, Dana ."Solid State Street Lighting Calculating Light Loss Factors".U.S.Department of Energy.
- Chandra, Tiffany & Rachmad, Abd. 2013. "Simulasi Pencahayaan Alami dan Buatan dengan Ecotect Radiance pada Studio Gambar". Sekolah Tinggi Teknik MUSI, Palembang.
- EN 12464-1. 2011. Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places.
- Environmental Engineering Science 1(16293) : University of Strathclyde Glasgow
- Fiba Guide to Basketball: 2009
- Holophane. 1990. "Zonal Cavity Method fo Indoor Calculations"
- Huang, Yanhong. 2015. "Green Lighting Design for Outdoor Basketball Court Based on Illuminance Model". China: Universitas Teknologi Hunan.
- Lee, X.H. 2015. "An LED-Based Luminaire for Badminton Court Illumination". Taiwan: National Central University.
- Mayanti, Selwi Arti. 2017. "Studi Perbandingan Intensitas Penerangan Lampu (Illuminance) pada *Stand (Fitting)* Lampu yang Berbeda"
- Nur, Inayati. 2011."Analisis dan Perancangan Kontrol Pencahayaan dalam Ruangan". ITS: Surabaya.
- NSW Government. 2014. "Energy Efficient Lighting Technology Report". Australia: State of NSW and the Ofce of Environment and Heritage.
- Occupational Safety and Health Branch Labour Department.

2008. "Lighting Assessment in the Workplace".
- Patro, Sujit Kumar dkk. 2016. "Sustainable Energy Efficiency Lighting in Green Buildings: An Approach with DC Based Lighting Systems". India: Departemen Teknik Elektro.
- Sok, Eloise. 2017. "The (Hidden) Benefits of Daylighting". Switzerland: SageGlass.
- Shishegar, N. and M. Boubekri. 2016. "Natural Light and Productivity: Analyzing the Impacts of Daylighting on Students' and Workers' Health and Alertness". USA: Universitas Illinois.
- SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung.
- SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan Di Tempat Kerja.
- Sun, Wen-Shing dkk. 2014. "Simulation and Comparison of The Illuminance, Uniformity, and Efficiency of Different Forms of Lighting Used in Basketball Court Illumination". Taiwan: National Central University.
- Tichelen, Paul Van dkk. 2014. "Exploratory study on lighting systems, including lighting schemes, luminaires and lighting controls for intelligent systems, for Ecodesign, Energy Labelling, and/or Energy Performance of Building requirements ('Lot 37')". Vito (vision on technology)
- Tichelen, Paul Van, dkk. 2012. Preparatory study on lighting systems. 40.
- Zumtobel Lighting GmbH. 2017. "The Lighting Handbook". Austria
- <http://elektronika-dasar.web.id/karakteristik-dan-prinsip-kerja-lampu-tl-fluorescent-lamp/> diakses pada tanggal 07 Maret 2018
- <http://www.klikglodok.com/listrik/lampu-tl> diakses pada 07 Maret 2018
- <http://www.lighting.philips.com/main/prof> diakses pada tanggal

07 Maret 2018

[https://pelajaransekolah.blogspot.com/2014/12/hukum
pembiasan-cahaya-snellius.html](https://pelajaransekolah.blogspot.com/2014/12/hukum-pembiasan-cahaya-snellius.html) diakses pada tanggal 26
Juli 2018

<http://library.its.ac.id/page/detail/sejarah-perpustakaan-its> diakses
pada 11 Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran Secara Umum

No.	Kuat Pencahayaan (Lux)	
	Lampu Mati	Lampu menyala
1.	42,60	130,60
2.	8,80	79,50
3.	10,92	118,40
4.	4,13	79,30
5.	22,73	77,10
6.	10,09	107,70
7.	26,36	104,80
8.	16,63	90,10
9.	8,29	97,00
10.	12,06	76,20
11.	16,45	112,40
12.	8,60	43,30
13.	6,30	120,90
14.	10,80	66,20
15.	4,81	101,20
16.	8,05	96,10
17.	7,94	93,20
18.	10,27	79,20
19.	1,12	87,90
20.	4,02	80,40
21.	1,82	88,70
22.	2,48	115,60
23.	2,77	75,50
24.	1,40	84,10

25.	4,95	58,60
26.	27,64	89,50
27.	5,48	67,90
28.	10,19	67,00
29.	16,59	49,10
30.	21,53	130,80
31.	71,30	130,10

Lampiran 2. Data Hasil Simulasi Kondisi *Existing* Lampu Menyal

No.	Kuat Pencahayaan (Lux)	
	Hasil ukur	Hasil Simulasi
1.	130,60	213
2.	79,50	155
3.	118,40	202
4.	79,30	165
5.	77,10	113
6.	107,70	187
7.	104,80	162
8.	90,10	210
9.	97,00	183
10.	76,20	171
11.	112,40	188
12.	43,30	116
13.	120,90	200
14.	66,20	131
15.	101,20	166
16.	96,10	109
17.	93,20	202
18.	79,20	124

19.	87,90	94
20.	80,40	188
21.	88,70	126
22.	115,60	227
23.	75,50	211
24.	84,10	198
25.	58,60	158
26.	89,50	115
27.	67,90	127
28.	67,00	84
29.	49,10	75
30.	130,80	110
31.	130,10	247

Lampiran 3. Data Hasil Simulasi Perbaikan Pertama

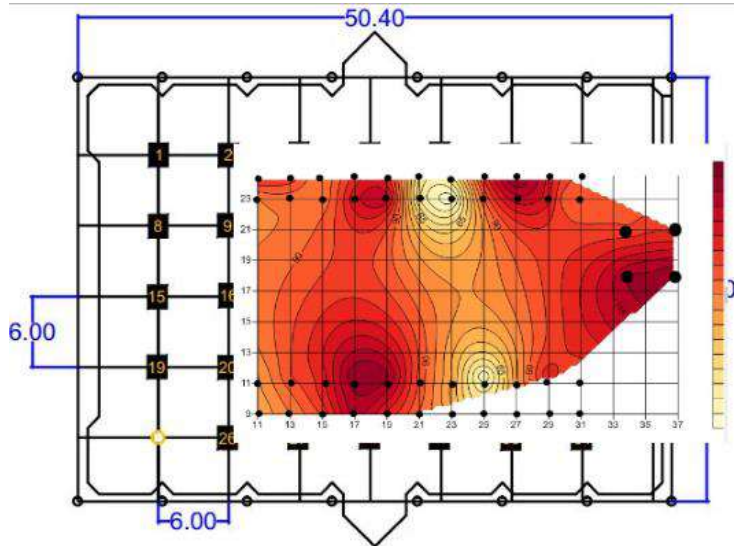
No.	Kuat Pencahayaan (Lux)	
	Hasil ukur	Hasil Simulasi
1.	130,60	254
2.	79,50	173
3.	118,40	206
4.	79,30	174
5.	77,10	123
6.	107,70	198
7.	104,80	213
8.	90,10	263
9.	97,00	210
10.	76,20	171
11.	112,40	203
12.	43,30	177

13.	120,90	266
14.	66,20	146
15.	101,20	263
16.	96,10	163
17.	93,20	360
18.	79,20	232
19.	87,90	100
20.	80,40	212
21.	88,70	177
22.	115,60	252
23.	75,50	221
24.	84,10	205
25.	58,60	165
26.	89,50	148
27.	67,90	246
28.	67,00	159
29.	49,10	119
30.	130,80	113
31.	130,10	306

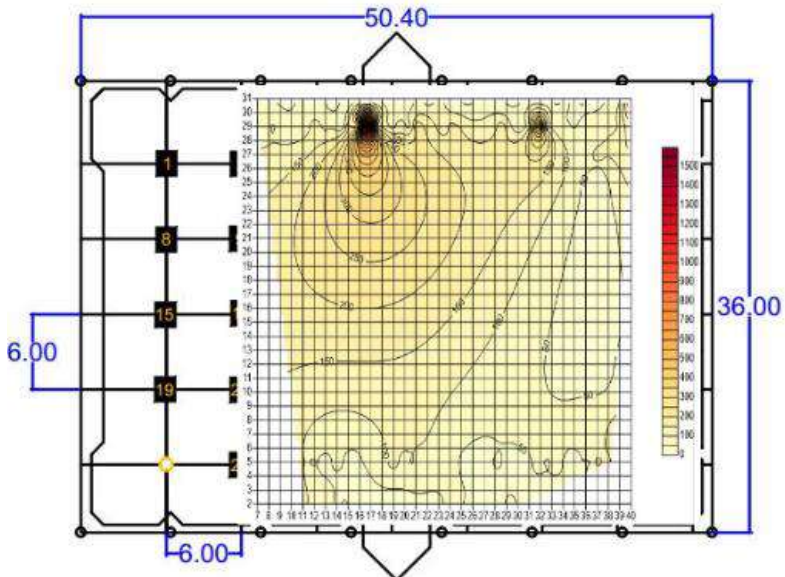
Lampiran 4. Data Hasil Simulasi Perbaikan Kedua

No.	Kuat Pencahayaan (Lux)	
	Hasil ukur	Hasil Simulasi
1.	130,60	418
2.	79,50	334
3.	118,40	404
4.	79,30	316
5.	77,10	213
6.	107,70	337

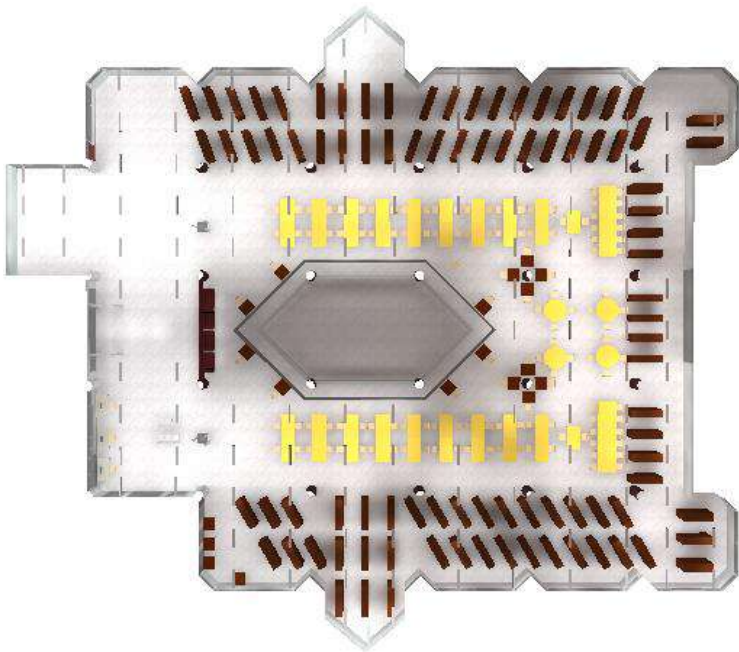
7.	104,80	368
8.	90,10	252
9.	97,00	424
10.	76,20	281
11.	112,40	404
12.	43,30	368
13.	120,90	349
14.	66,20	436
15.	101,20	331
16.	96,10	241
17.	93,20	426
18.	79,20	237
19.	87,90	389
20.	80,40	414
21.	88,70	277
22.	115,60	437
23.	75,50	441
24.	84,10	370
25.	58,60	345
26.	89,50	273
27.	67,90	284
28.	67,00	326
29.	49,10	338
30.	130,80	250
31.	130,10	374



Lampiran 5. Plot Hasil Pengukuran Setempat Meja Baca



Lampiran 6. Plot Hasil Pengukuran Setempat Rak Buku



Lampiran 7. Hasil Simulasi Ruang Baca Perpustakaan Lantai 5 ITS
Surabaya tampak atas

Lampiran 8. Datasheet Lampu 1 x TL-D36W

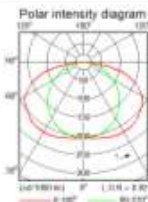
Lineco TMS022

Luminaire	: TMS022 1xTL-D36W+GMS022 R_54-765
Total Lamp Flux	: 2500 lm
Light Output Ratio	: 0.82
Luminous Flux	: 2050 lm
Power	: 43 W
LxBxH	: 1.23x0.06x0.06 m
Ballast	: Conventional



TMS022 1xTL-D36W +GMS022 R 54-765

1 x 2500 lpm

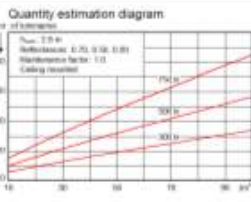


Light output ratio	0.10
Service upward	0.00
Service downward	0.00
CR: No value	17 800 100 100 000

Gift value	percentage	max. \$
lengthwise		max. 12

14276-gg-(84409), 11,25041	71
135471-121	0.0200 + 0.003

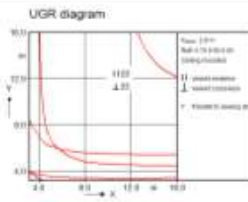
Submit your work



Utilisation factor table

[illegible]

Further, among the



Luminance Table

Age (Years)	0-5	6-10	11-15
0-5	1000	1000	1000
6-10	1000	1000	1000
11-15	1000	1000	1000
16-20	1000	1000	1000
21-25	1000	1000	1000
26-30	1000	1000	1000
31-35	1000	1000	1000
36-40	1000	1000	1000
41-45	1000	1000	1000
46-50	1000	1000	1000
51-55	1000	1000	1000
56-60	1000	1000	1000
61-65	1000	1000	1000
66-70	1000	1000	1000
71-75	1000	1000	1000
76-80	1000	1000	1000
81-85	1000	1000	1000
86-90	1000	1000	1000
91-95	1000	1000	1000
96-100	1000	1000	1000

1000



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.sagepub.com/submitting

price subject to change

Lampiran 9. Datasheet Lampu 2 x TL-D36W

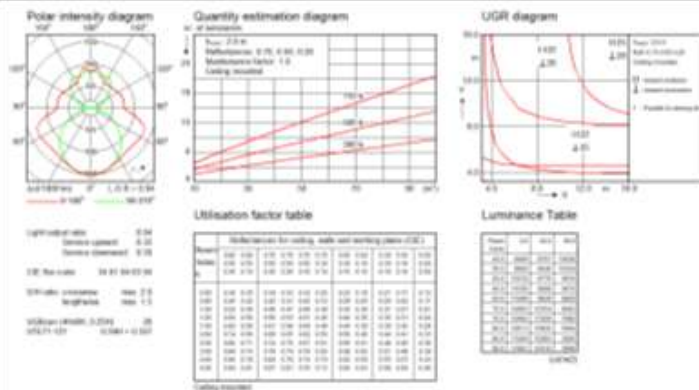
Lineco TMS022

Luminaire : TMS022 2xTL-D36W_54-765
 Total Lamp Flux : 5000 lm
 Light Output Ratio : 0.94
 Luminous Flux : 4700 lm
 Power : 85 W
 LxBxH : 1.23x0.10x0.06 m
 Ballast : Conventional



TMS022 2xTL-D36W_54-765

2 x 2500 lm



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

Lampiran 11. Datasheet Lampu LL 121X 1xLED42S/840 O

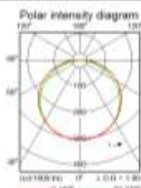
CoreLine Trunking

Luminaire : LL 121X 1xLED42S/840 O
 Total Lamp Flux : 4200 lm
 Light Output Ratio : 1.00
 Luminous Flux : 4200 lm
 Power : 32 W
 LxBxH : 1.73x0.10x0.05 m
 Ballast : -



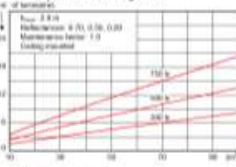
LL 121X 1xLED42S/840 O

1 x 4200 lm



Light output ratio : 1.00
 Beam spread : 0.08
 Beam diameter : 1.00
 CIE flux code : 40 11 30 100 100
 CIE ratio coordinate : max 1.2
 beam : max 1.7
 UGR (max) : 0.03
 UGR (1.1) : 1.00 + 0.00

Quantity estimation diagram

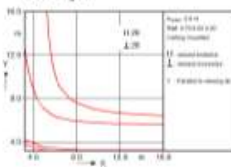


Utilisation factor table

Reference for ceiling, walls and working plane (100%)												
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80

loading required

UGR diagram



Luminance Table

Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
Beam	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80

loading required



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
 All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of
 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

data subject to change

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Maslahah, dengan nama panggilan Lahah. Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 24 Maret 1995. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Alm. Supar dan Ibu Siti Munawaroh, anak ke-sembilan dari sembilan bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yaitu, TK Nusantara lulus tahun 2001, SDN Ketapangtelu 1 lulus tahun 2007, SMPN 2 Lamongan lulus tahun 2010, SMA Assa'adah Bungah Gresik lulus tahun 2013. Tahun 2014 masuk ke Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN. Penulis mengambil bidang minat Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan. Pengalaman semasa kuliah penulis adalah menjadi Asisten Laboratorium Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan Dan menjadi Asisten Dosen Fisika Dasar. Motto hidup penulis yaitu **"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan"**.

Lahah24@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”