



TUGAS AKHIR - SF141501

DESAIN OPTIMASI PENCAHAYAAN PADA LAPANGAN  
BULU TANGKIS INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA DENGAN *SOFTWARE*  
DIALux4.13

AHMAD HALIMUL ADIB  
NRP 0111134000055

Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - SF141501**

**DESAIN OPTIMASI PENCAHAYAAN PADA LAPANGAN  
BULU TANGKIS INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA DENGAN *SOFTWARE*  
DIALux4.13**

**AHMAD HALIMUL ADIB  
NRP 0111134000055**

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

**Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - SF141501**

**DESIGN OF LIGHTING OPTIMIZATION IN BADMINTON  
COURT SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY SURABAYA WITH SOFTWARE  
DIALux4.13**

**AHMAD HALIMUL ADIB  
NRP. 0111134000055**

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

**Department of Physics  
Faculty of Science  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**

**DESAIN OPTIMASI PENCAHAYAAN PADA LAPANGAN  
BULU TANGKIS INSTITUT SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN  
SOFTWARE DIALux 4.13**

**TUGAS AKHIR**

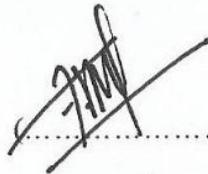
Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah  
Tugas Akhir Program Strata I  
Departemen Fisika  
Fakultas Ilmu Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AHMAD HALIMUL ADIB  
NRP. 0111134000055

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I  
Dr. Suyatno, M.Si  
NIP. 19760620 200212.1.004

  
(.....)

Dosen Pembimbing II:  
Susilo Indrawati, M.Si  
NIP.1100201301001

  
(.....)



# **DESAIN OPTIMASI PENCAHAYAAN PADA LAPANGAN BULU TANGKIS INSTITUT SEPULUH NOPEMBER SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE DIALux 4.13***

**Nama** : Ahmad Halimul Adib  
**NRP** : 0111134000055  
**Jurusan** : Fisika, FIA-ITS  
**Pembimbing I** : Dr. Suyatno, M.Si  
**Pembimbing II** : Susilo Indrawati, M.Si

## **Abstrak**

Sebagai salah satu parameter yang dibutuhkan dalam lapangan *indoor* (bulu tangkis), sistem pencahayaan yang sesuai standar menjadi mutlak untuk dipenuhi. Berdasarkan rekomendasi dari *Sport England* dan *Badminton World Federation*, nilai kuat pencahayaan di lapangan adalah 500 lux sampai 1000 lux. Makalah ini membahas tentang “Desain Optimasi Pencahayaan Pada Lapangan Bulu Tangkis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Dengan Menggunakan *Software DIALux 4.13*” yang didasarkan parameter terukur pada kondisi lapangan yang ada. Pada kondisi di lapangan digunakan lampu TL-D36W dengan daya 36 watt dan menghasilkan fluks cahaya 2500 lumen sebanyak 96 buah lampu. Pengukuran dilakukan melalui 25 titik ukur untuk masing-masing lapangan. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh nilai kuat pencahayaan rata-rata lapangan A,B,C,D sebesar 83 lux. Nilai tersebut sangat jauh dari standar yang ditentukan. Sementara nilai keseragaman (*min/ave*) dari seluruh lapangan sebesar 0,5 atau masih dibawah nilai standar yaitu sekitar 0,8 menurut (Pritchard,1986). Dari simulasi yang dilakukan, penggunaan lampu TL-D58W sebanyak 248 mampu menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 626 lux, serta memiliki tingkat keseragaman 0,7 dengan konsumsi daya sebesar 13640 watt. Sementara dengan menggunakan lampu Philips LED750-4S/740 sebanyak 16 buah

lampu, menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 639 lux, serta memiliki tingkat keseragaman 0,8 dengan konsumsi daya sebesar 8320 watt.

***Kata Kunci***— *Bulu tangkis, Desain pencahayaan, DIALux4.13, kuat pencahayaan*

# DESIGN OF LIGHTING OPTIMIZATION IN BADMINTON COURT SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA WITH SOFTWARE DIALux4.13

**Name** : Ahmad Halimul Adib  
**NRP** : 01111340000055  
**Major** : Fisika, FIA-ITS  
**Advisor I** : Dr. Suyatno, M.Si  
**Advisor II** : Susilo Indrawati, M.Si

## Abstract

*The required parameters in the indoor field (badminton), the standard lighting system is an absolute standard to be met. Based on recommendations from Sport England and Badminton World Federation, the strong lighting values in the field are 500 lux to 1000 lux. This paper discusses "Lighting Optimization Design at Badminton Field of Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya Using DIALux 4.13 Software" based on measurable parameters on existing field conditions. In the field conditions used TL-D36W lamps with 36 watts of power and produce 2500 lumen flux light of 96 pieces of lights. Measurements were made through 25 measuring points for each field. Based on the measurement result, the average lighting value of field A, B, C, D is 83 lux. The value is very far from the specified standard. While the value of uniformity (min / ave) of the whole field is 0.5 or still below the standard value of about 0.8 according to (Pritchard, 1986). From the simulation done, the use of TL-D58W lamp as much as 248 able to produce the average lighting strength of 626 lux, and has a level of uniformity of 0.7 with power consumption of 13640 watts. Meanwhile, by using lamps Philips LED750-4S / 740 as much as 16 lamps, produce an average lighting strength of 639 lux, and has a uniformity of 0.8 with power consumption sebesat 8320 watt.*

**Keywords:** Badminton, Lighting Design, DIALux 4.13, Illuminance

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul: **“DESAIN OPTIMASI PENCAHAYAAN PADA LAPANGAN BULU TANGKIS INSTITUT SEPULUH NOPEMBER SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE DIALux 4.13*”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Materun dan Ibu Umu Azizah selaku orang tua, adik Muhimmatul Ainiyah dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M.Eng selaku dosen wali dan Kepala Departemen yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
3. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
4. Bapak Bachtera Indarto dan Bapak Gatut Yudoyono, selaku dosen penguji Tugas Akhir yang senantiasa memberikan kritik dan saran yang sangat membangun bagi penulis selama sidang serta penyelesaian laporan akhir.
5. Ibu Lea Prasetio serta Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika ITS yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama masa studi.

6. Teman seperjuangan Lab. Akustik dan Fisika Bangunan (Mas Habib, Mas Adis, Mas Hikal, Mas Sholeh, Mbah To, Mbak Aul, Selvi, Widi, Regina, Befie, Icha, Dito, Anas, Mbak Gita, Mas Andi, Mas Awang, Mas Wildan, Mas Beta, Mbak Evi, Mas Akhirul, Baskoro, Andi, Dita, Sulis, Maslahah, Retno, Mira, Opik, Ibnu) yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
7. Aflin Tris Hibatullah, S.T selaku pembimbing kerja praktek yang memperkenalkan tentang teknik pencahayaan kepada penulis.
8. Teman-teman SUPERNOVA '13 dan adik-adik Fisika 2014, 2015, dan 2016 yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.
9. Keluarga besar Pondok Pesantren Darussalam (PPDS) Keputih, *Heavenly Healing Team*, dan saudara Thariqah Naqsabandi al-Haqqani yang telah memberikan suport spiritual kepada penulis.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan bidang pencahayaan.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

[ahmadhalimuladib@gmail.com](mailto:ahmadhalimuladib@gmail.com)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
Abstrak .....	iv
Abstract .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Cahaya .....	5
2.2 Istilah Dalam Pencahayaan .....	6
2.3 Pencahayaan Buatan .....	10
2.4 Titik Ukur .....	14
2.5 Lampu .....	16
2.6 Menghitung Nilai Iluminansi .....	20
2.6.1 Metode Titik .....	20
2.6.2 Metode Lumen .....	21
2.7 Bulu Tangkis (Badminton) .....	24
2.8 <i>Software</i> DIALux .....	25
BAB III .....	27

METODOLOGI .....	27
3.1 Tahap-tahap Penelitian .....	27
3.2 Tahap Observasi Awal .....	28
3.3 Tahap Pengambilan Data Kuat Pencahayaan .....	30
3.4 Tahap Pengolahan Data .....	31
3.5 Tahap Simulasi dengan <i>Software</i> DIALux 4.13 .....	32
3.6 Tahap Analisis Data .....	33
BAB IV .....	35
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan di Lapangan .....	35
4.1.1 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Lapangan .....	36
4.1.2 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Titik .....	37
4.2 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Simulasi <i>Existing</i> .....	40
4.3 Simulasi Perbaikan Desain Pencahayaan .....	44
4.3.1 Simulasi Variasi Pertama .....	45
4.3.2 Simulasi Variasi Kedua .....	48
BAB V .....	53
KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN .....	57
BIODATA PENULIS .....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tampak Warna Terhadap Temperatur Warna .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Pengelompokan Renderasi Warna.....	11
<b>Tabel 2.3</b> Klasifikasi warna dari sumber-sumber cahaya .....	12
<b>Tabel 2.4</b> Target kuat pencahayaan yang di rekomendasikan ....	24
<b>Tabel 2. 5</b> Fitur dari <i>software</i> DIALux .....	25
<b>Tabel 3.1</b> Daftar bahan pada permukaan ruang GOR Bulu Tangkis ITS .....	28
<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengukuran.....	36
<b>Tabel 4. 2</b> nilai kuat pencahayaan hasil simulasi <i>existing</i> .....	41
<b>Tabel 4. 3</b> perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan .....	44
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil simulasi variasi pertama ketinggian 3,5m dan posisi 6 titik .....	46
<b>Tabel 4.5</b> Hasil simulasi variasi kedua ketinggian 5m dan jarak antar lampu 8m dan sudut 30° .....	49

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sifat-sifat cahaya.....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Spektrum Cahaya .....	6
<b>Gambar 2. 3</b> konsep dasar dalam pencahayaan .....	9
<b>Gambar 2. 4</b> ilustrasi penerangan .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> (a,b,c) contoh denah dari penentuan titik ukur dengan ukuran luas bidangnya .....	16
<b>Gambar 2.6</b> Lampu pijar .....	17
<b>Gambar 2.7</b> Lampu fluorescent .....	18
<b>Gambar 2.8</b> Lampu HID .....	18
<b>Gambar 2.9</b> Macam-macam pendistribusian cahaya lampu .....	19
<b>Gambar 2.10</b> Kuat pencahayaan .....	21
<b>Gambar 2.11</b> grafik persen penurunan lampu .....	22
<b>Gambar 2.12</b> tampilan awal DIALux 4.13.....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir metodologi penelitian .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Gedung olahraga bulu tangkis.....	30
<b>Gambar 3.3</b> Denah pengukuran kuat pencahayaan pada satu lapangan. ....	31
<b>Gambar 3.4</b> Tampilan awal DIALux 4.13 .....	32
<b>Gambar 4.1</b> Denah pengukuran kuat pencahayaan pada satu lapangan .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Grafik kuat pencahayaan pada titik 8.....	37
<b>Gambar 4.3</b> Grafik kuat pencahayaan lapangan A .....	38
<b>Gambar 4.4</b> Pemetaan distribusi kuat pencahayaan seluruh lapangan .....	39
<b>Gambar 4.5</b> hasil simulasi kondisi <i>existing</i> model <i>falsecolor</i> ....	41
<b>Gambar 4.6</b> denah penempatan lampu pada posisi 6 titik.....	46
<b>Gambar 4.7</b> model <i>falsecolor</i> variasi pertama ketinggian 3,5m dan posisi 6 titik .....	47
<b>Gambar 4.8</b> denah penempatan lampu variasi kedua.....	49
<b>Gambar 4.9</b> model <i>falsecolor</i> variasi kedua .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

<u>LAMPIRAN A</u> .....	Error! Bookmark not defined.
<u>LAMPIRAN B</u> .....	61
<u>LAMPIRAN C</u> .....	65



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara garis besar, sistem pencahayaan terdiri dari pencahayaan alami dan buatan. Pencahayaan alami berasal dari matahari, sedangkan pencahayaan buatan dapat menggunakan lampu. Penggunaan lampu pada ruangan (*indoor*) dibutuhkan karena cahaya matahari sulit menjangkau ke seluruh ruangan. Suatu pencahayaan sangat diperlukan oleh manusia untuk mengenali suatu objek secara visual. Kuat pencahayaan sangat berpengaruh terhadap faktor kelelahan mata maupun ketegangan syaraf. Sehingga diperlukan kualitas pencahayaan yang optimal sesuai dengan standar.

Gedung olah raga bulu tangkis ITS Surabaya merupakan salah satu infrastruktur yang didalamnya memerlukan sistem pencahayaan yang cukup. Pencahayaan untuk lapangan bulu tangkis berbeda dengan pencahayaan olah raga lain. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam sistem pencahayaan diantaranya adalah tata letak lampu, jenis lampu, serta warna *background* guna menunjang lingkungan yang nyaman dan aman bagi pemain, penonton dan petugas dalam memperhatikan *shuttlecock*.

Mujib, Farid K. (2012) menyatakan bahwa kondisi kuat pencahayaan rata-rata di lapangan bulu tangkis sebesar 133 lux dengan keseragaman 0,7. dalam penelitiannya digunakan lampu TL-D36W 3350 lumen sebanyak 140 buah lampu dengan hasil kuat pencahayaan rata-rata 281 lux serta keseragaman 0,9. Kedua, dengan lampu HPI-T 400W 35000 lumen sebanyak 14 buah lampu dengan hasil kuat pencahayaan rata-rata 419,5 serta keseragaman 0,8. Sementara berdasarkan *Sport England* dan *Badminton World Federation* disebutkan bahwa pencahayaan pada lapangan bulu tangkis dibutuhkan tingkat penerangan sebesar 500 hingga 1000 lux.

Dalam penelitian ini juga melakukan desain optimasi system pencahayaan di lapangan bulu tangkis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan menggunakan *Software* DIALux 4.13. Perancangan ini dimulai dengan pengambilan data kuat pencahayaan di lapangan, menganalisis data hasil pengukuran, dan mengoptimalkan pencahayaan di lapangan bulu tangkis ITS Surabaya. Maka pada hasil penelitian ini, diketahui desain pencahayaan untuk lapangan bulu tangkis yang sesuai standar. Sehingga hasil penelitian ini dapat diaplikasikan untuk lapangan yang lain.

### **1.2 Rumusan Permasalahan**

Rumusan masalah yang ada pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana distribusi kuat pencahayaan pada lapangan bulu tangkis ITS Surabaya.
2. Bagaimana perbandingan nilai kuat pencahayaan hasil simulasi kondisi *existing* dengan hasil perhitungan di lapangan.
3. Bagaimana desain optimasi pencahayaan yang menghasilkan kualitas pencahayaan yang sesuai standar.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui distribusi kuat pencahayaan pada lapangan bulu tangkis ITS Surabaya.
2. Mengetahui perbandingan nilai kuat pencahayaan hasil simulasi kondisi *existing* dengan hasil perhitungan di lapangan.
3. Melakukan desain optimasi pencahayaan yang menghasilkan kualitas pencahayaan yang sesuai standar.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dan objek dalam penelitian tugas akhir “Desain Optimasi Pencahayaan Pada Lapangan Bulu Tangkis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Dengan Menggunakan *Software* DIALux 4.13” antara lain:

1. Simulasi pengukuran dilakukan ketika ruangan dalam keadaan kosong dan kondisi lampu menyala semua.
2. Sistem pencahayaan yang di bahas adalah kuat pencahayaan di lapangan bulu tangkis ITS Surabaya.
3. Standart yang digunakan adalah SNI 16-7062-2004, SNI 03-6575-2001, *Sport England Design Guidance Note Badminton* tahun 2011, *Badminton World Federation Specification For International Standard Facilities*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui parameter-parameter fisika bangunan dalam bidang teknik pencahayaan, dengan begitu dapat diterapkan dalam mendesain sebuah bangunan agar memiliki tingkat penerangan yang cukup dan hemat energi.

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi tentang gambaran umum keseluruhan dari penelitian ini. Bab I merupakan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan terakhir sistematika penulisan. Bab II adalah tinjauan pustakan yang berisi tentang dasar teori yang melandasi penelitian ini serta sebagai acuan dari penelitian ini. Bab III berisi metodologi penelitian. Bab IV berisi hasil penelitian dan pembahasan. Bab V berisi kesimpulan dan saran.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

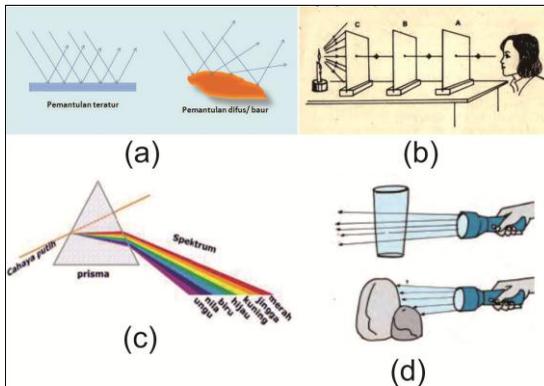
### 2.1 Cahaya

Cahaya menurut Isaac Newton (1704) merupakan partikel-partikel sangat kecil yang dipancarkan dari sumbernya. Sedangkan menurut IES (*Illuminationn Engineering Society*) mendefinisikan cahaya merupakan radiasi energi yang dapat dievaluasi secara visual. Secara sederhana cahaya adalah bentuk energi yang memungkinkan makhluk hidup dapat mengenali sekelilingnya dengan mata (Muhaimin, 2001).

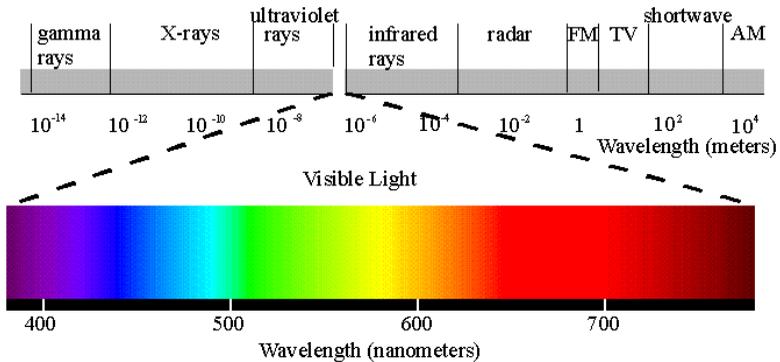
Cahaya memiliki sifat khusus diantaranya: cahaya merambat lurus, cahaya dapat menembus benda bening, cahaya dapat dipantulkan, cahaya dapat dibiaskan, cahaya dapat didispersikan, cahaya dapat mengalami interferensi dan difraksi yang disajikan pada **Gambar 2.1**. Hubungan kecepatan cahaya ( $v$ ) dalam m/sec dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) dalam m, dan frekuensi ( $f$ ) dalam Hz adalah:

$$v = \lambda \cdot f \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan kecepatan cahaya pada udara adalah  $3 \cdot 10^8$  m/sec.



**Gambar 2.1** Sifat-sifat cahaya; (a) dipantulkan; (b)merambat lurus; (c) dibiaskan; (d) menembus benda bening



**Gambar 2.2** Spektrum Cahaya

Berdasarkan pada **Gambar 2.2**, Cahaya (cahaya tampak) disini memiliki panjang gelombang yang bervariasi mulai dari 380 nm – 780 nm. Untuk panjang gelombang kurang dari <380 nm merupakan UV ( Ultra Violet ), UV tidak dapat dilihat mata secara langsung harus membutuhkan substansi fluoresen agar dapat dilihat mata manusia. Sedangkan untuk panjang gelombang lebih dari >780 nm adalah inframerah, inframerah tidak digunakan sebagai sumber penerangan karena mata manusia tidak mampu menangkap cahaya dengan panjang gelombang tersebut. Perhatikan **Gambar 2.2** terlihat bahwa radiasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda akan menghasilkan warna yang berbeda pula terhadap mata.

## 2.2 Istilah Dalam Pencahayaan

Dalam pembicaraan mengenai kuantitatif cahaya terdapat beberapa istilah yang berhubungan dengan pencahayaan diantaranya adalah :

- Fluks Luminus** atau **arus cahaya ( $\Phi$ )**,  
**Fluks luminus adalah** jumlah energi cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya persatuan waktu.

Besarnya arus cahaya dinyatakan dengan satuan lumen (lm) dan dinyatakan dalam persamaan 2.2

$$\Phi \text{ (lumen)} = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan  $\Phi$  = fluks luminus (lm) ;

Q = jumlah banyak cahaya (lumen . detik) ;

t = waktu (detik).

- b) **Intensitas Luminus** atau **Intensitas Sumber Cahaya (I)**, **Intensitas Luminus** yakni fluks luminus yang dipancarkan atau dikeluarkan oleh sumber per sudut ruang atau steradian. Satuan yang digunakan adalah candela (cd). Satu candela disini diibaratkan satu buah lilin. Steradian merupakan sudut ruang pada benda tiga dimensi berupa bola dengan titik pusat bola menjadi titik puncak sudut dengan panjang sisi sejauh jari-jari r hingga memotong permukaan bola dengan luas kuadrat jari-jari. Intensitas luminus memiliki persamaan 2.3:

$$I \text{ (Candela)} = \frac{d\Phi}{d\omega} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan  $d\Phi$  = perubahan fluks luminus (lm) ;

$d\omega$  = perubahan sudut ruang (steradian) ;

I = Intensitas sumber cahaya ( candela )

- c) **Illuminansi atau Kuat Pencahayaan (E)**  
**Illuminansi**, yaitu fluks luminus yang datang atau di terima suatu objek persatuan luas. Illuminansi memiliki satuan Lux (lx) dengan alat ukur yang digunakan adalah luxmeter. Illuminansi dinyatakan dalam persamaan matematis 2.4

$$E \text{ (lux)} = \frac{d\Phi}{dA} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan  $d\Phi$  = perubahan fluks luminus (lm) ;

$dA$  = perubahan luas ( $m^2$ ) ;

E = kuat pencahayaan (lux)

Karena arus cahaya  $\Phi = \omega \cdot I$  dan karena penyebaran cahaya meruangs sehingga luas daerah penerangan ( merupakan kulit bola )  $A = \omega \cdot R^2$  dengan menganggap sumber penerangan sebagai titik dengan jarak  $R$  dari bidang penerangan maka kuat penerangan  $E$  pada suatu titik pada bidang penerangan adalah:

$$E(\text{lux}) = \frac{I}{R^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan  $E$  = kuat pencahayaan (lux) ;

$R$  = jarak dari sumber ke titik ukur (m) ;

$I$  = Intensitas sumber cahaya ( candela )

Dari persamaan 2.5 biasa disebut dengan Hukum Kuadrat Terbalik, dimana ketika jarak bidang penerangan semakin jauh dari sumber penerangan maka nilai iluminansi atau kuat penerangan akan semakin kecil, begitu sebaliknya.

d) **Luminansi (L),**

**Luminansi** yaitu intensitas luminus yang di pancarkan atau di teruskan dari suatu permukaan yang di terangi pada suatu arah tertentu. Satuan dari luminansi adalah candela per  $m^2$ . Alat ukurnya yakni luminansi meter. Luminansi dinyatakan dalam persamaan matematis 2.6

$$L\left(\frac{cd}{m^2}\right) = \frac{I}{A_{semu}} \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan  $L$  = Luminansi ( $cd/m^2$ ) ;

$I$  = Intensitas sumber cahaya (candela) ;

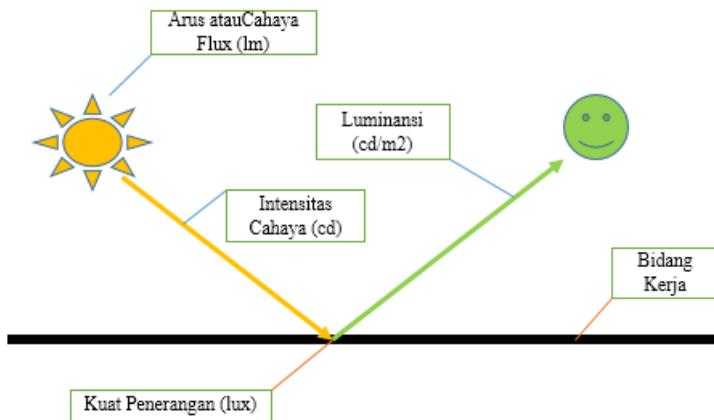
$A_{semu}$  = Luas semu ( $m^2$ )

Luas semu adalah proyeksi suatu permukaan (tegak lurus dengan pengamat), contohnya luas semu bola yang dilihat dari segala arah tetap sama yakni Ingkaran. Luminansi suatu permukaan ditentukan oleh kuat penerangan dan kemampuan memantulkan cahaya oleh permukaan atau

faktor refleksi ( $\rho$ ). Hubungan antara luminansi ( $L$ ), kuat penerangan ( $E$ ), dan reflektasi ( $\rho$ ) dinyatakan dengan persamaan 2.7:

$$L\left(\frac{cd}{m^2}\right) = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \dots\dots\dots(2.7)$$

Mempermudah dalam pemahaman, berikut ilustrasi mengenai konsep dasar dalam pencahayaan yang disajikan pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** konsep dasar dalam pencahayaan

Berdasarkan pada **Gambar 2.3** manusia dapat melihat benda dengan jelas ketika suatu benda mendapatkan pencahayaan yang cukup. Pengelihatannya itu berasal dari suatu benda yang mendapatkan penerangan cahaya kemudian benda tersebut memantulkan cahaya dan ditangkap oleh mata manusia yang dilanjutkan ke otak untuk di visualisasikan. Mengenai konsep dasar dalam pencahayaan, dari **Gambar 2.3** diketahui sumber cahaya yang memancarkan sebuah arus atau fluks cahaya dengan satuan lumen. Ketika fluks cahaya tersebut terpancar setiap sudut ruang (steradian) didapatkan intensitas cahaya dari sumber. Apabila fluks cahaya tersebut tiba di bidang kerja dengan luasan tertentu dinamakan kuat pencahayaan atau iluminansi dengan satuan lux.

Serta saat benda merefleksikan intensitas cahayanya dan ditangkap oleh mata disebut dengan luminansi dengan satuan candela per meter persegi.

### 2.3 Pencahayaan Buatan

Cahaya buatan merupakan cahaya tambahan untuk memenuhi kebutuhan penerangan. Sumber cahaya buatan relatif dapat dikendalikan oleh manusia sesuai dengan waktu dan jumlah yang diinginkan, salah satunya adalah lampu listrik. Cahaya buatan mengkonsumsi sumber daya alam maka harus dimanfaatkan semaksimal mungkin. Pemilihan sumber cahaya buatan (lampu) yang baik biasanya di tinjau dari nilai efikasi, temperatur warna, dan indeks penampilan warna.

**Efikasi** ( $\eta$ ) merupakan nilai yang menyatakan tingkat efisiensi energi dari sumber cahaya, satuan dari efikasi yaitu lumen per watt. Dengan bentuk persamaan matematis

$$\eta(\text{lumen/watt}) = \frac{\Phi}{W} \dots\dots\dots(2.8)$$

Semakin tinggi nilai efikasi maka semakin baik efisiensi energinya.

dengan  $\Phi$  = fluks luminus (lm) ;

$W$  = daya (watt) ;

$\eta$  = efikasi ( lumen/watt )

Temperatur warna atau *Correlated Colour Temperatur* (CCT) merupakan satuan yang menggambarkan suatu cahaya tampak hangat (kemerahan), netral, atau dingin (kebiruan). Istilah temperatur ini berhubungan dengan pancaran cahaya dari benda logam yang dipanaskan hingga titik pijar. Dapat dilihat pada **Tabel 2.1** yang menyajikan pengelompokan temperatur warna dengan tampak warna atau kesan suasana yang diberikan.

**Tabel 2.1** Tampak Warna Terhadap Temperatur Warna

[Sumber: SNI 03-6575-2001]

Temperatur Warna K (Kelvin)	Tampak Warna
>5300	Dingin
3300 – 5300	Sedang
<3300	Hangat

**Tabel 2.2** Pengelompokan Renderasi Warna

[Sumber: SNI 03-6575-2001]

Kelompok Renderasi Warna	Rentang Indeks Renderasi Warna (Ra)
1	$Ra > 85$
2	$70 < Ra < 85$
3	$40 < Ra < 70$
4	$Ra < 40$

Indeks renderasi warna (Ra) atau *Color Rendering Index* (CRI) merupakan satuan yang menggambarkan kualitas cahaya dengan skala 0 (sangat buruk) sampai 100 (sempurna). Semakin tinggi nilai CRI yang diberikan maka semakin mendekati warna asli dari obyeknya. Mengenai pengelompokan renderasi warna dapat dilihat pada **Tabel 2.2**. Sedangkan pada **Tabel 2.3** dipaparkan mengenai CCT dan CRI dalam pengaplikasiannya di kehidupan sehari-hari.

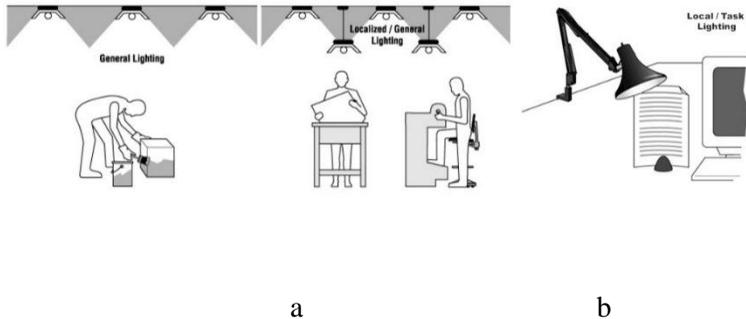
**Tabel 2.3** Klasifikasi warna dari sumber-sumber cahaya  
 [Sumber: Mark Karlen. 2006]

Temperatur Warna (K)	Aplikasi
2500	untuk lampu pada daerah industri besar dan lampu keamanan <i>High Pressure Sodium (HPS)</i>
2700 - 3000	untuk lampu tingkat rendah pada sebagian besar ruang. Untuk lampu di daerah perumahan biasa, hotel, tempat makan mewah dan restoran keluarga, serta taman hiburan.
2950 - 3500	untuk lampu pajangan di toko retail dan galeri, lampu atraksi
3500 - 4100	untuk lampu biasa pada perkantoran, sekolah, toko, industri, apotik; lampu ruang pameran, lampu untuk tempat olahraga.
4100 - 5000	untuk lampu aplikasi khusus dimana perbedaan warna sangat penting; tidak biasa untuk pencahayaan umum
5000 - 7500	untuk lampu aplikasi khusus dimana perbedaan warna sangat kritis; tidak biasa untuk pencahayaan umum

CRI Lampu Minimum	Aplikasi
50	untuk lampu pada daerah industri, gudang, dan lampu keamanan yang tidak bersifat kritis
50 - 70	untuk lampu pada daerah industri dan penerangan umum dimana warna bukan hal penting
70 - 79	Untuk lampu pada kebanyakan perkantoran, toko retail, sekolah, rumah sakit, dan gedung usaha lain serta ruang-ruang rekreasi.
80 - 89	untuk lampu pada toko retail, ruang kerja, dan rumah tinggal dimana kualitas warna adalah hal yang penting
90 - 100	Toko retail dan ruang kerja di mana penampilan warna cahaya adalah hal kritis

## 2.4 Titik Ukur

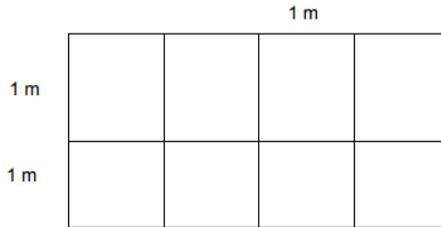
Dalam sebuah pengukuran salah satu hal yang harus di tentukan adalah posisi titik ukur. Pada SNI 16-7062-2004 di jelaskan mengenai pengukuran intensitas penerangan pada tempat kerja. Jenis pencahayaan dibedakan menjadi dua macam yakni pencahayaan setempat dan pencahayaan umum.



**Gambar 2.4** ilustrasi penerangan a) penerangan umum b) penerangan setempat.

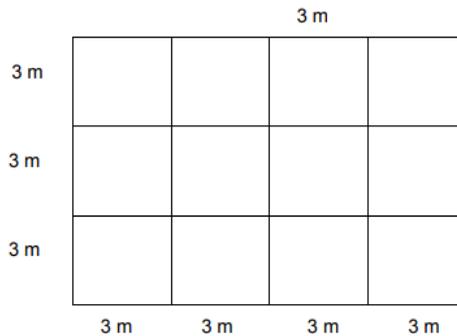
Pencahayaan umum atau *general lighting* berfungsi untuk memberikan penerangan secara merata ke seluruh area, seperti pencahayaan pada jalan raya, ruang kelas dan kantor. Sedangkan pencahayaan setempat atau *local lighting* berfungsi untuk memberikan pencahayaan pada area tertentu saja terutama pada bidang konsentrasi kerja, seperti pencahayaan untuk menggambar, belajar, dan ruang operasi di rumah sakit. Hal ini bisa dilihat pada **Gambar 2.4**. Dalam penentuan titik ukur berdasarkan luas bidang kerja diklasifikasikan menjadi tiga jenis, diantaranya:

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



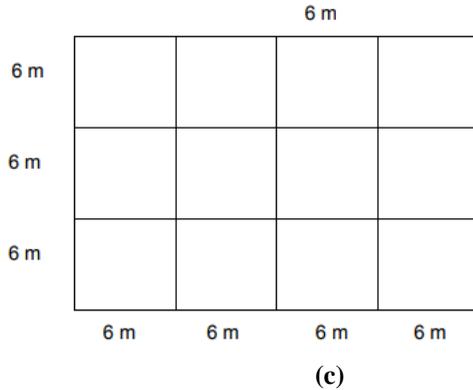
(a)

- b) 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.



(b)

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

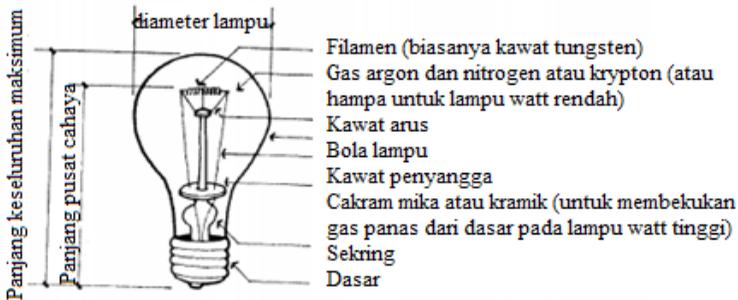


**Gambar 2.5** (a,b,c) contoh denah dari penentuan titik ukur dengan ukuran luas bidangnya [sumber:SNI 16-7062-2004]

**Gambar 2.5** merupakan contoh denah penentuan titik ukur. Semakin luas bidang kerja yang akan di ukur, jarak antar titik yang ditentukan juga semakin besar. Selain ditinjau dari luas bidang kerja, dipertimbangkan pula jarak lampu ke bidang kerja. Penentuan titik ukur diatas merupakan batas minimal yang telah ditentukan, tetapi jika dibutuhkan nilai atau hasil yang lebih detail dan halus, maka jarak antar titik dibuat lebih kecil sehingga jumlah titik ukur lebih banyak.

## 2.5 Lampu

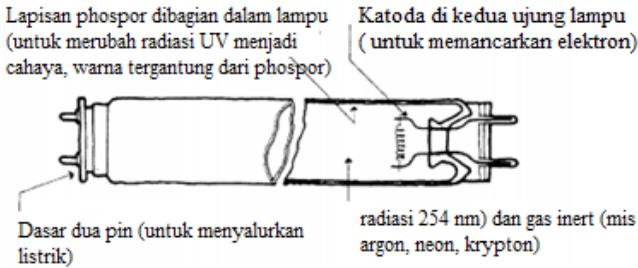
Mengenai sejarah lampu, tahun 1879 seorang Amerika, Thomas Alfa Edison menciptakan lampu dengan filamen arang dalam tabung vakum. Kemudian tahun 1880 seorang pejabat militer Inggris yaitu Lord Amstrong mengadakan pesta dengan pencahayaan lampu pertama di dunia. Filamen arang diganti filamen tungsten pada tahun 1907 dan tahun 1938 lampu flurescent ditemukan. Menurut (BBC,2014) pada awal 1990an Prof. Isamu Akasaki, Hiroshi Amano dan Shuji Nakamura menemukan lampu *Light Emitting Diode* (LED). Gambar 2.6 menggambarkan bagian-bagian lampu pijar.



**Gambar 2.6** Lampu pijar [sumber:prasasto satwiko,2008]

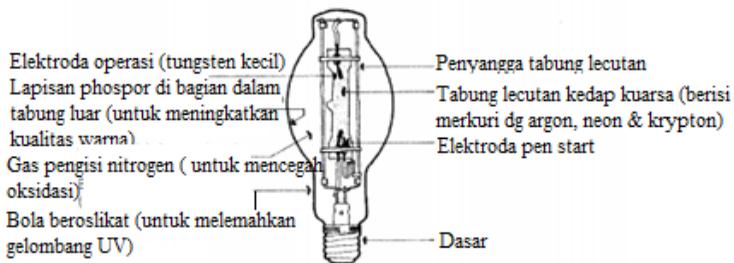
Salah satu lampu listrik lama yang masih digunakan hingga saat ini adalah lampu pijar. Tergolong lampu pijar adalah lampu pijar dengan filamen karbon, lampu wolfram biasa, lampu halogen, dan lampu *photo flash*. Cahaya lampu pijar dihasilkan oleh filamen dari bahan tungsten ( titik lebur  $>2200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) yang berpijar karena panas. Menurut (Satwiko,2008) efikasi lampu pijar tergolong rendah karena hanya 8-10% energi menjadi cahaya, dan sisanya terbuang sebagai panas. Untuk memperbaiki efikasinya maka ditambahkan gas halogen (tungsten-halogen) sehingga efikasinya mencapai 17,5 lm/watt.

Lampu generasi berikutnya adalah lampu fluorescent. Lampu fluorescent cahayanya dihasilkan oleh pendaran bubuk fosfor yang melapisi bagian dalam tabung lampu. Fosfor tersebut berpendar karena menyerap gelombang cahaya UV akibat dari loncatan elektron antar katode didalam tabung yang berisi uap merkuri bertekanan rendah dan argon untuk bagian-bagiannya terdapat pada **Gambar 2.7**. Bubuk fosfor menentukan warna cahaya yang dihasilkan. Lebih dari 25% energi dijadikan cahaya dengan efikasi antara 40-85 lm/watt. Efikasi lampu fluorescent lebih baik dari lampu pijar.



**Gambar 2.7** Lampu fluorescent [sumber:prasasto satwiko,2008]

Lampu HID (*High Intensity Discharge*) merupakan lampu yang cahayanya dihasilkan oleh lecutan listrik melalui uap zat logam. Lampu merkuri menghasilkan cahaya dari lecutan listrik dalam tabung kaca atau kuarsa berisi uap merkuri bertekanan tinggi, untuk bagiannya ditampilkan pada **Gambar 2.8**. Efikasi yang dihasilkan antara 40-60 lm/watt. Dibutuhkan waktu antara 3-8 menit untuk menguapkan merkuri sebelum menghasilkan cahaya maksimal. Untuk memperbaiki efikasi dan warna, pada tabung lecutan ditambahkan halida logam (seperti thalium, indium, dan sodium) atau membuat tabung lecutan dari keramik yang berisi xenon, merkuri dan sodium. Efikasinya bisa bertambah hingga 70lm/watt sampai 95 lm/watt.

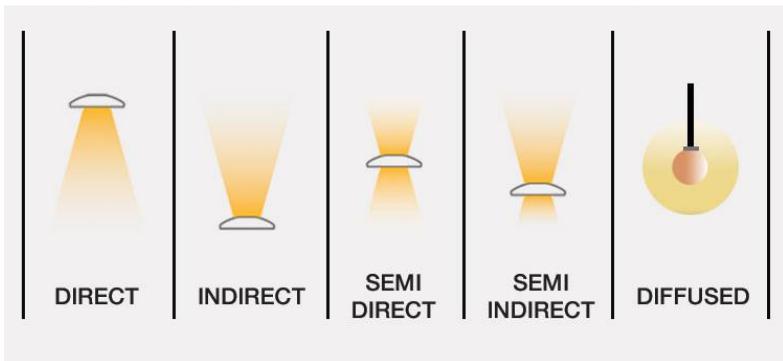


**Gambar 2.8** Lampu HID [sumber:prasasto satwiko,2008]

Lampu generasi modern saat ini adalah lampu LED (*light emitting diode*). Cahaya yang dihasilkan lampu LED adalah dari eksitasi didalam suatu padatan. LED terdiri dari pasangan bahan semikonduktor P dan N. Bila sumber arus searah diberikan kepada LED yakni kutub negatif dihubungkan dengan N dan kutub positif dengan P maka lobang (hole) akan mengalir ke arah N dan elektron mengalir ke arah P, dari kombinasi ini akan dihasilkan pancaran cahaya. Cahaya yang dihasilkan LED bermacam-macam tergantung bahan semikonduktor yang digunakan.

Jika menyebut lampu, umumnya dibatasi atau ditekankan pada bagian yang menyala. Dudukan lampu disebut **socket**, dan rumah lampu disebut **armatur**. Sedangkan keseluruhan bagian tadi disebut dengan **lumener** yang terdiri dari bola lampu, soket, tudung, rumah lampu, dan balas. Dan ada beberapa buku yang membedakan antara lumener (soket, rumah, tudung, balas) dengan lampu, dan memberikan sebutan untuk lumener dan lampu adalah **fixture**.

Sebuah lumener lampu meliputi rumah lampu, dan alat listrik yang mendukungnya. Ditinjau berdasarkan cara pendistribusian cahaya lampunya, luminair lampu dikelompokkan menjadi beberapa jenis yang di ilustasikan pada **Gambar 2.9** yaitu :



**Gambar 2.9** Macam-macam pendistribusian cahaya lampu  
 [http://indalux.co.id/wp-content/uploads/2016/03/Artikel-2.jpg]

Berdasarkan **Gambar 2.9** pendistribusian cahaya lampu oleh sumber dikelompokkan menjadi beberapa jenis diantaranya:

- Lumener langsung (*direct*) memancarkan cahaya ke arah bawah, termasuk downlight dan troffer.
- Lumener tidak langsung (*indirect*) memancarkan cahaya ke arah atas, memantulkan dari langit-langit ke ruangan.
- Lumener pancar (*diffused*) memancarkan cahaya ke segala arah dengan intensitas cahaya yang sama.
- Lumener langsung atau tidak langsung memancarkan cahaya ke arah atas dan ke bawah tidak ke samping.

Lumener asimetris atau lampu sorot mendistribusikan cahaya ke arah yang bervariasi dan lebih kuat ke arah tertentu saja.

## 2.6 Menghitung Nilai Iluminansi

Menurut Satwiko, 2008 dalam bukunya tentang fisika bangunan terdapat dua macam metode yang digunakan dalam menghitung nilai iluminansi atau kuat pencahayaan. Dua metode tersebut yaitu metode titik atau *point to point method* dan metode lumen atau *lumen method*.

### 2.6.1 Metode Titik

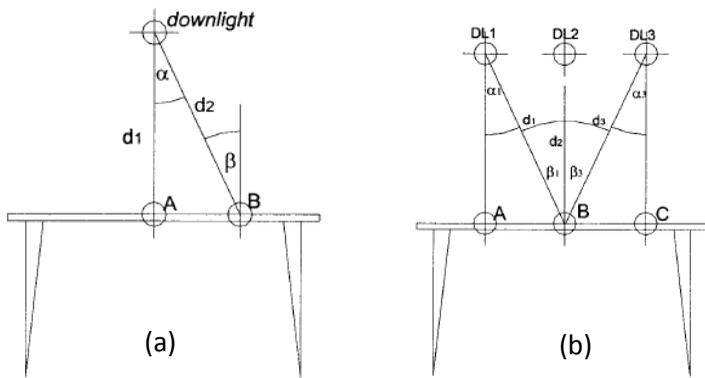
Pada metode titik ini dapat menghitung nilai kuat pencahayaan di satu titik oleh satu sumber lampu serta menghitung kuat pencahayaan di suatu titik dengan beberapa sumber lampu. Untuk menghitung nilai kuat pencahayaan di satu titik dengan satu lampu dengan persamaan 2.9

$$E(lux) = \frac{I}{d^2} \cos\beta \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat pencahayaan di satu titik oleh beberapa lampu, menurut hukum Abney nilai kuat pencahayaan dapat dijumlahkan seperti persamaan 2.1.

$$E_T(lux) = \frac{I_1}{d_1^2} \cos\beta_1 + \frac{I_2}{d_2^2} \cos\beta_2 + \frac{I_n}{d_n^2} \cos\beta_n \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan  $E$  adalah nilai kuat pencahayaan (lux),  $I$  adalah intensitas sumber cahaya ke arah titik yang disinari ( $\text{lm}$ ), biasanya tertera dalam data teknis lampu,  $\beta$  adalah sudut datang sinar yang di hitung antara garis tegak lurus bidang dan sinar, sedangkan  $d$  adalah jarak dari lampu ke titik di bidang yang disinarinya (m), untuk lebih jelasnya perhatikan **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Kuat pencahayaan oleh (a) satu lampu dan (b) beberapa lampu

Catatan, bila data lampu dari pabrik yang tersedia berupa dalam *candle*, maka  $I$  dalam *candle*,  $d$  dalam *feet*, dan  $E$  dalam *footcandle* ( $\text{lumen/ft}^2$ ). Untuk mencari  $E$  dalam lux, kalikan hasil dengan bilangan 10.

### 2.6.2 Metode Lumen

Pada metode lumen digunakan persamaan 2.4 sebagai dasar dalam mencari nilai kuat pencahayaan di suatu titik oleh suatu sumber cahaya. Terdapat beberapa faktor dalam perhitungan nilai penerangan di suatu titik, antara lain distribusi intensitas cahaya lumener, efisiensi, bentuk dan ukuran ruang, pemantulan

permukaan, dan ketinggian lampu dari bidang kerja. Sehingga perlu ditambahkan faktor koefisien penggunaan atau *coefficient of utilization (CU)*. Maka persamaan 2.4 berubah menjadi persamaan 2.11

$$E(\text{lux}) = \Phi \cdot CU / A \dots\dots\dots (2.11)$$

Akan tetapi, dalam perjalanannya kuat pencahayaan lampu juga akan berkurang oleh debu yang menempel di armatur lampu bahkan menyusutnya lumen lampu. Oleh karena itu, di tambahkan faktor kehilangan cahaya atau *light loss factor (LLF)* pada persamaan 2.13, maka rumusnya menjadi seperti persamaan 2.12

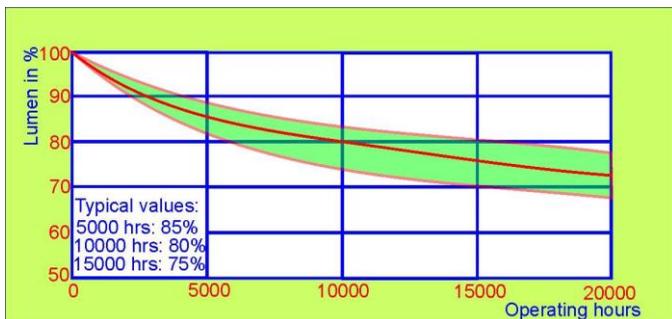
$$E(\text{lux}) = \Phi \cdot CU \cdot LLF / A \dots\dots\dots (2.12)$$

Sedangkan untuk menghitung kuat pencahayaan, rumusnya menjadi:

$$E(\text{lux}) = (l \cdot n) \cdot CU \cdot LLF / A \dots\dots (2.13)$$

Dengan  $l$  adalah total lumen awal per lumener (lampu) dan  $n$  adalah jumlah lumener (lampu). Dalam mendapatkan nilai faktor kehilangan cahaya (LLF) terdapat beberapa faktor yang menunjang diantaranya:

- *Lamp lumen depreciation (LLD)* yaitu faktor penurunan kinerja lampu yang disebabkan nilai fluks cahaya yang menurun. **Gambar 2.11** merupakan grafik penurunan lumen lampu dalam persen.



**Gambar 2.11** grafik persen penurunan lampu

[sumber: Pritchard,1986]

Berdasarkan **Gambar 2.11** dapat diketahui hubungan antara lumen dalam persen dengan penggunaan lampu dalam jam. Dari berapa lama penggunaan lampu dapat di ketahui lumen yang di hasilkan dalam persen.

- *Luminaire dirt depreciation* (LDD) yaitu faktor penurunan kinerja lampu yang disebabkan oleh armatur lampu yang kotor. Menurut (Pritchard, 1986 ) dan (Paschal,1998) depresiasi dari armatur lampu dalam rentang waktu setahun adalah 10% untuk armatur di ruang yang bersih (*clean*), 20% untuk armatur di daerah industri (*medium*), dan 30% untuk armatur di ruang yang sangat kotor (*very dirty*).
- *Room surface dirt depreciation* (RSDD) yaitu faktor penurunan kinerja lampu yang disebabkan oleh permukaan ruang yang kotor. Penggolongan ruangan berdasarkan kuat penurunan kualitas cahaya sebagai berikut (Paschal, 1998):
  - Ruangan yang sangat bersih (*very clean*) sebesar 0% – 12%
  - Ruangan yang bersih (*clean*)sebesar 13% - 24%
  - Ruangan yang sedang (*medium*) sebesar 25% - 36% Ruangan yang kotor (*dirty*) sebesar 37% - 48%
  - Ruangan yang sangat kotor (*very dirty*) sebesar 49% - 60%

Sehingga untuk nilai LLF nya bisa di dapatkan dengan persamaan 2.16

$$LLF = LLD \times LDD \times RSDD \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan LLF = *Light Loss Factor*

LLD = *Lamp lumen depreciation*

LDD = *Luminaire dirt depreciation*

RSDD = *Room surface dirt depreciation*

## 2.7 Bulu Tangkis (Badminton)

Bulu tangkis atau badminton merupakan salah satu jenis olahraga menggunakan raket yang dimainkan oleh dua orang untuk permainan tunggal atau dua pasang ( empat orang ) untuk ganda yang mana saling berlawanan. Tujuan dari permainan bulu tangkis adalah untuk memukul bola permainan yang biasa disebut dengan “*shuttlecock*” melewati jaring agar jatuh di bidang permainan lawan yang sudah ditentukan peraturannya. Bulu tangkis merupakan olahraga *indoor* yang dimainkan di atas lapangan dengan ukuran 6,1 m x 13,4 m dan dipisahkan jaring atau “net” dengan ketinggian 1550 mm. Terdapat faktor yang menunjang agar permainan bulu tangkis berjalan secara nyaman dan efektif yaitu pencahayaan yang digunakan.

Pencahayaan merupakan salah satu syarat yang paling penting dalam perancangan sebuah lapangan bulu tangkis. Dengan pencahayaan yang cukup dan sesuai standar bisa membuat pemain nyaman dan aman dalam bermain, pihak wasit bisa bertugas lebih efektif, dan penonton bisa menikmati permainan.

**Tabel 2.4** Target kuat pencahayaan yang di rekomendasikan [ sumber: *Sport England,2011*]

<b>Illuminansi minimum</b>	<b>300 Lux</b>
<b>Illuminansi rata-rata</b>	<b>500 Lux</b>
<b>Illuminansi acara internasional (penyiaran televisi)</b>	<b>1000 Lux</b>

Komunitas bulu tangkis *Badminton World Federation* (BWF) dan *Sport England* menentukan batas kuat pencahayaan yang harus di capai. Daftar target kuat pencahayaan (iluminansi) yang di rekomendasikan oleh BWF dan *Sport England* dapat dilihat pada **Tabel 2.4**. Selain kuat pencahayaan, diperhatikan pula nilai reflektansi dari masing-masing bidang. Pada dinding nilai reflektansi 30 – 50 %, pada atap 70 – 90 %, dan pada lantai 20 – 40 %.

## 2.8 Software DIALux

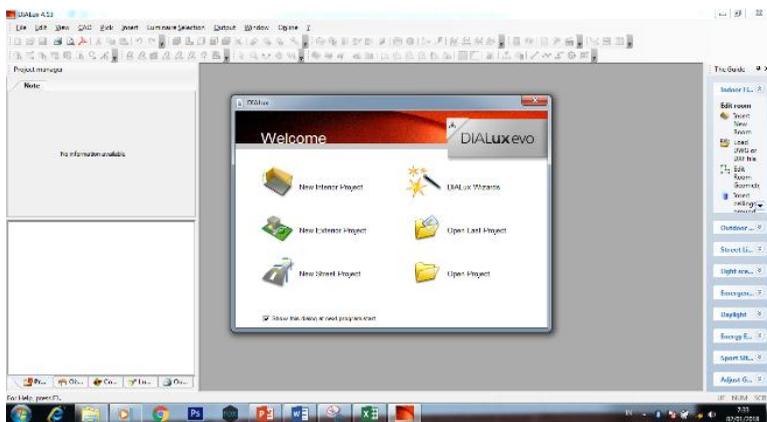
DIALux merupakan sebuah *software* non-komersial (gratis) yang memberikan pelayanan dalam hal desain pencahayaan secara profesional. Mengenai sejarahnya, DIALux dimulai tahun 1989 ketika DIAL (*Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik*) GmbH didirikan di Jerman. Pada tahun 1994 DIALux dibuat melalui konsorsium industri yang berhubungan dengan lampu guna menjawab kebutuhan tata cahaya yang terus berkembang. Dalam perkembangannya beberapa perusahaan lampu dari berbagai negara bergabung guna menyediakan bagi para pengguna DIALux katalog elektronik produk mereka (berupa *plugin*).

Awal mulanya DIALux tidak dirancang untuk mensimulasikan cahaya alami, namun dalam perkembangannya kemampuan dalam mensimulasikan cahaya alami ditambahkan meskipun masih sederhana (P. Satwiko, 2011). Dengan DIALux dapat dilakukan perancangan, perhitungan, dan memvisualisasikan cahaya dalam sebuah ruang, seluruh lantai, bangunan, dan pemandangan luar bangunan. DIALux telah digunakan sebagai alat perencanaan oleh lebih dari 680.000 perancang pencahayaan diseluruh dunia. Terdapat dua macam versi DIALux yakni DIALux Evo dan DIALux 4 dengan beberapa fitur yang berbeda, yang di tampilkan pada **Tabel 2.5**:

**Tabel 2.5** Fitur dari *software* DIALux

NO	Fitur	DIALux Evo 7.1	DIALux 4
1	Seluruh Bangunan ( <i>whole Building</i> )	√	
2	<i>Interaction between indoor and outdoor scene</i>	√	
3	<i>IFC import (BIM)</i>	√	
4	Perencanaan sebuah ruang ( <i>Single Room Planing</i> )	√	√

5	Pencahayaan Jalan Raya ( <i>Road Lighting</i> )	√	√
6	Pencahayaan siang hari ( <i>Daylighting</i> )	√	√
7	Pencahayaan Darurat ( <i>Emergency Lighting</i> )		√
8	Pencahayaan olahraga ( <i>Sport Lighting</i> )		√



**Gambar 2.12** tampilan awal DIALux 4.13

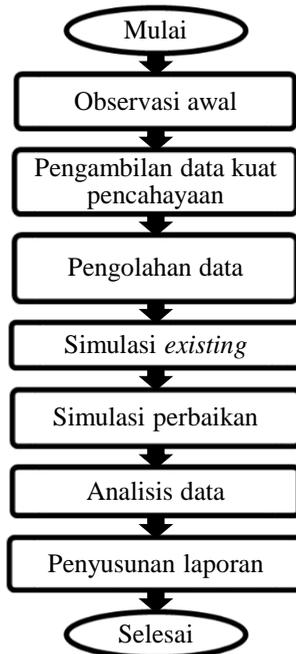
Dari fitur yang diberikan DIALux Evo memiliki kemampuan dalam mendesain lengkap bangunan, pencahayaan siang hari dan pencahayaan di jalan raya, sedangkan untuk DIALux 4 memiliki kemampuan dalam merancang dan mengimplementasikan pencahayaan darurat dan pencahayaan olahraga. **Gambar 2.12** merupakan tampilan dari DIALux 4.13

## BAB III METODOLOGI

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan desain optimasi pencahayaan pada lapangan bulu tangkis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan menggunakan *software* DIALux 4.13. Parameter yang menjadi pokok pembahasan pada penelitian ini adalah kuat pencahayaan.

### 3.1 Tahap-tahap Penelitian

Untuk memperoleh parameter kuat pencahayaan yang sesuai dengan fungsi lapangan sebagai lapangan bulu tangkis, maka tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir yang tertera pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir metodologi penelitian

Berdasarkan **Gambar 3.1** penelitian ini dimulai dengan observasi awal, pengambilan data kuat pencahayaan, pengolahan data, simulasi kondisi awal atau *existing* , simulasi perbaikan , analisis data dan penulisan laporan.

### 3.2 Tahap Observasi Awal

Tahap observasi awal ini dilakukan guna melakukan peninjauan lapangan yang selanjutnya dilakukan dengan pengukuran dimensi dari gedung olahraga bulu tangkis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengukuran meliputi luas lapangan, luas bagian bawah, bagian sisi dan ketinggian atap. Observasi juga dilakukan pada posisi lampu, jenis lampu, dan jumlah lampu.

GOR bulu tangkis ITS Surabaya didalamnya terdapat empat buah lapangan bulu tangkis, yang mana di setiap sisi samping lapangan terdapat panel yang berisi lampu sejumlah 12 buah. Dan lampu yang digunakan adalah lampu Phillips tipe TL-D36W 54-765 6500K 2500 lm. Sedangkan untuk detail ukuran atau dimensinya adalah:

- Luas lapangan = 6,1 m x 13,4 m = 81,74 m<sup>2</sup>
- Luas gedung = 34,5 m x 23,4 m = 762,3 m<sup>2</sup>
- Ketinggian atap (bagian tengah) = 12 m
- Ketinggian dinding = 7,5 m
- Ketinggian lampu = 3,20 m

Selain itu tabel 3.1 merupakan daftar detail material dari GOR bulu tangkis ITS Surabaya, berikut detailnya:

**Tabel 3.1** Daftar bahan pada permukaan ruang GOR Bulu Tangkis ITS

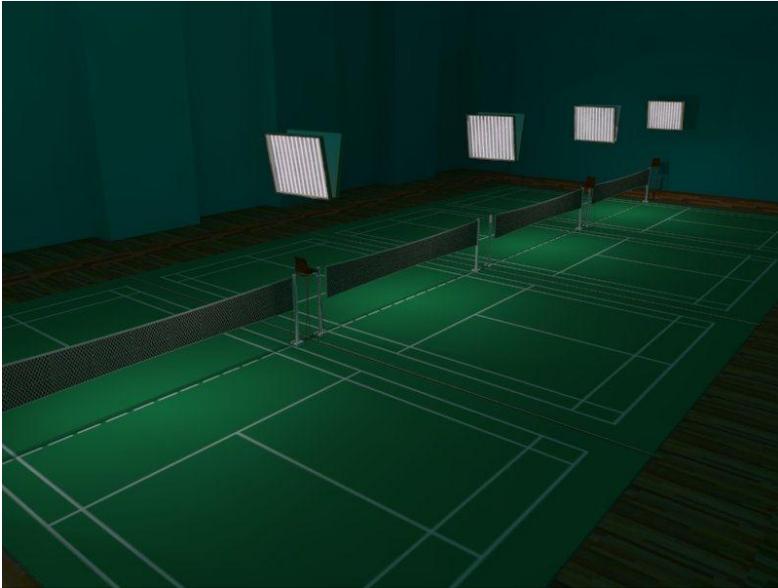
No	Permukaan	Warna	Bahan	Luas (m <sup>2</sup> )	
1	Dinding Depan	Tembok	Hijau	Concrete	133
		Sekat	Hijau	Kayu	15
		Korden Jendela	Biru	Kain	18
		Pintu	Hijau	Kayu	13,5

2	Dinding Kanan	Tembok	Hijau	Concrete	222,75
		Korden Jendela	Biru	Kain	12
		Pintu	Coklat	Kayu	6,75
3	Dinding Kiri	Tembok	Hijau	Concrete	222,75
		Korden Jendela	Biru	Kain	12
		Pintu	Coklat	Kayu	6,75
4	Dinding Belakang	Tembok	Hijau	Concrete	133
		Korden Jendela	Biru	Kain	18
		Pintu	Hijau	Kayu	13,5
5	Atas	Atap	Hijau	Metal	-
6	Bawah	Lapangan	Hijau	Karpet	456,75
		Lantai	Coklat	Keramik	302,5

**Gambar 3.2** merupakan kondisi dari GOR bulu tangkis tampak dari luar dan tampak dari dalam.



(a)



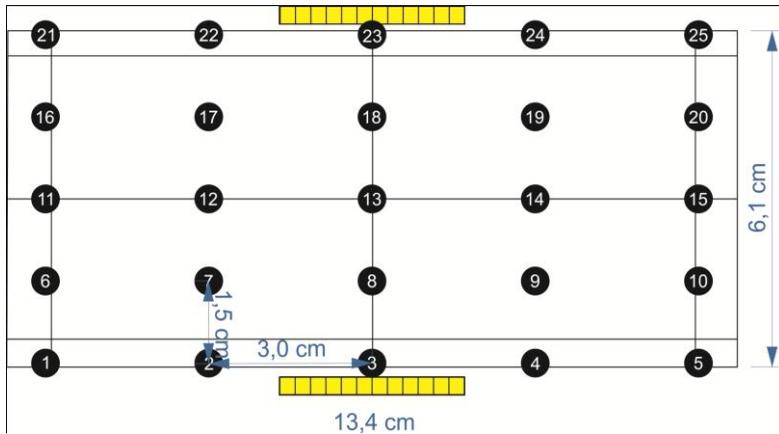
(b)

**Gambar 3.2** Gedung olahraga bulu tangkis (a) tampak didalam ruangan; dan (b) tampak dalam dari *software* SketchUp

Kondisi di dalam GOR bulu tangkis ITS terlihat sistem pencahayaannya fokus di bagian tengah lapangan. Serta terlihat area bagian belakang lapangan yang lebih redup atau gelap. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi pencahayaan di lapangan yang kurang merata dan ilustrasi disajikan pada **Gambar 3.2**.

### **3.3 Tahap Pengambilan Data Kuat Pencahayaan**

Mengacu pada SNI 16-7062-2004 yang menjelaskan batas minimum spasi atau jarak antar titik ukur berdasarkan luas bidang kerja yang akan di ukur serta mempertimbangkan ketinggian dari sumber cahaya. Untuk luas bidang kerja antara 10 m<sup>2</sup> sampai 100 m<sup>2</sup> titik potong antara panjang dan lebar dibuat setiap jarak 3 m, sedangkan untuk luas bidang kerja lebih dari 100 m<sup>2</sup> jarak titik potong antara panjang dan lebar dibuat setiap 6 m.



**Gambar 3.3** Denah pengukuran kuat pencahayaan pada satu lapangan.

Luas lapangan bulu tangkis adalah  $81,74 \text{ m}^2$ . Kuning menandakan lampu yang ada lapangan. Titik ukur diambil diatas permukaan bidang lapangan (*Sport England, 2011*). Sesuai standart apabila luasan berada diantara  $10\text{-}100 \text{ m}^2$  berarti jarak antar titik minimal  $3\text{m} \times 3\text{m}$  dengan jumlah titik ukur 15 titik, namun untuk mendapatkan data yang lebih detail dalam penelitian ini menggunakan jarak antar titik  $1,5\text{m} \times 3\text{m}$  dengan jumlah titik ukur pada satu lapangan 25 titik yang merupakan perwakilan dari luasan keseluruhan. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.3** yang mana merupakan denah titik pengukuran kuat pencahayaan.

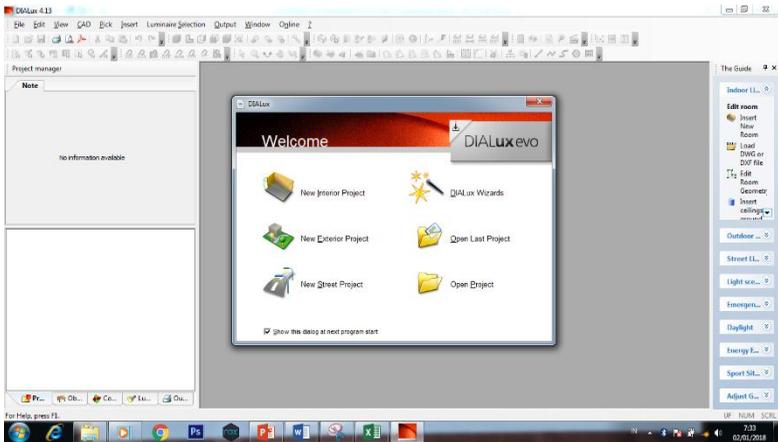
### 3.4 Tahap Pengolahan Data

Setelah didapatkan data kuat pencahayaan pada masing-masing titik yang telah ditentukan selanjutnya dilakukan tahap pengolahan data. Pada tahap ini, dilakukan mapping untuk mengetahui distribusi atau persebaran kuat pencahayaan yang dihasilkan oleh lampu tersebut. Selain itu, dibuat sebuah grafik

yang mana menunjukkan kuat pencahayaan di lapangan dengan nilai minimum tiap titik 300 lux dan target kuat pencahayaan yang telah ditentukan oleh *sport england* dan *badminton world federation* yakni 500 lux hingga 1000 lux.

### 3.5 Tahap Simulasi dengan *Software DIALux 4.13*

Pada tahap ini digunakan *software DIALux 4.13* untuk melakukan desain ruang dan simulasi. Pertama simulasi yang dilakukan adalah simulasi kondisi *existing*, yaitu simulasi kondisi dilapangan dengan menggunakan *software*. Setelah itu dilakukan simulasi perbaikan jika hasil dari hasil pengukuran dan simulasi kondisi *existing* belum memenuhi standar yang telah di rekomendasikan. Langkah yang perlu di lakukan dalam memulai simulasi adalah nilai kordinat dari dimensi ruang.



**Gambar 3.4** Tampilan awal DIALux 4.13

Dari **Gambar 3.4** dapat diketahui beberapa menu, untuk memulai pilih *New Interior Project* atau *DIALux wizard*, yang membedakan dari kedua menu tersebut yaitu kalau pada *DIALux wizard* di sajikan perancangan cepat untuk melakukan simulasi. Hal yang perlu diperhatikan disini adalah kordinat titik untuk membentuk dimensi ruang, jenis lampu yang digunakan, warna

dari permukaan ruang, dan nilai kuat pencahayaan yang di targetkan.

Perbaikan yang dilakukan tidak merubah desain bangunan yang ada, namun terdapat beberapa variasi untuk mendapatkan nilai kuat pencahayaan yang sesuai standar, seperti:

1. Perubahan jenis lampu.
2. Perubahan posisi lampu.
3. Perubahan jumlah lampu.

Dari klasifikasi di atas, penelitian ini menggunakan 6 variasi yaitu meliputi:

1. Lampu tipe TL-D58W 840.
2. Lampu tipe LED750-4S/740.
3. Posisi lampu di ketinggian 3,5 meter.
4. Posisi lampu di ketinggian 5 meter.
5. Lampu TL-D58W 840 sebanyak 248 buah, sudut  $75^\circ$  terhadap bidang lapangan.
6. Lampu LED750-4S/740 sebanyak 16 buah, sudut  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$  terhadap bidang lapangan.

### **3.6 Tahap Analisis Data**

Tahap analisa data dilakukan dengan mengamati nilai kuat pencahayaan per titik pengukuran. Analisis yang dilakukan meliputi analisis penyebab nilai kuat pencahayaan di titik pengukuran. Hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai kuat pencahayaan tiap titiknya. Kemudian dibandingkan dengan standar yang telah ditentukan dan akan didapatkan nilai kuat pencahayaan nya sudah memenuhi standar atau belum. Selanjutnya ditinjau keseragaman dari nilai kuat pencahayaan tiap titiknya apakah sudah merata atau belum.

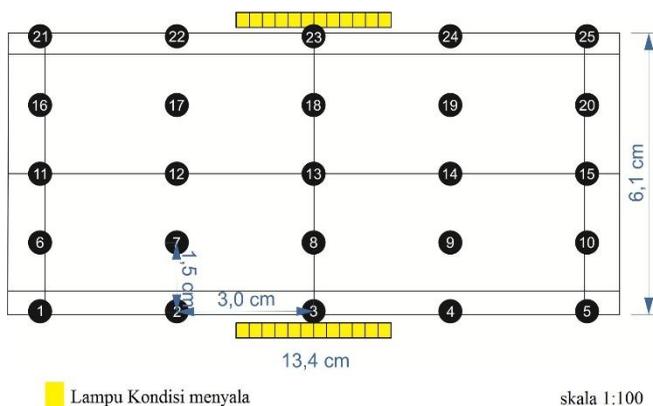
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran di lapangan serta simulasi guna mendapatkan nilai kuat pencahayaan yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan *Sport England* dan *Badminton World Federation* sebesar 500-100 lux. Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software DIALux 4.13*.

### 4.1 Hasil Pengukuran Kuat Pencahayaan di Lapangan

Pengukuran nilai kuat pencahayaan dilakukan dengan kondisi lampu menyala seperti keadaan sebenarnya. Lampu yang digunakan adalah lampu phillips tipe TL-D36W 54-765 6500K 2500lm, dengan tiap unit lapangan terdapat 24 lampu. Setiap unit lapangan memiliki ukuran 6,1m x 13,4m dan diambil sejumlah 25 titik dengan jarak antar titik 1,5m x 3m, untuk lebih detailnya bisa dilihat pada **Gambar 4.1**. Pengukuran menggunakan luxmeter dengan tipe Lutron LX-1108. Dari pengukuran didapatkan hasil yang ditampilkn **Tabel 4.1**.



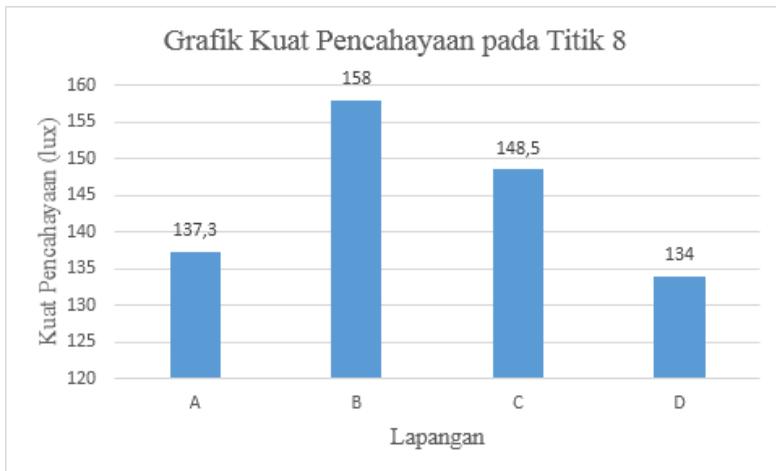
**Gambar 4.1** Denah pengukuran kuat pencahayaan pada satu lapangan

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran

Bidang Pengukuran	Kuat Pencahayaan			Keseragaman $U_o$ (minimum/rata-rata)
	$E_{\text{minimum}}$ (lux)	$E_{\text{rata-rata}}$ (lux)	$E_{\text{maksimum}}$ (lux)	
Lapangan A	39,4	83	144,4	0,5
Lapangan B	44,3	86,4	158	0,5
Lapangan C	42,7	86,3	150	0,5
Lapangan D	42,6	79	134	0,5

#### 4.1.1 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Lapangan

Kuat penerangan dilapangan ada 25 titik, kemudian dari hasil disemua titik mulai dari lapangan A,B,C,D memiliki pola yang sama untuk mempermudah sebagai contoh digambarkan dengan grafik batang pada titik 8 yang posisinya di bagian tengah lapangan. Sedangkan yang lainnya ada di lampiran B. Hal ini bisa dilihat pada **Gambar 4.2**.

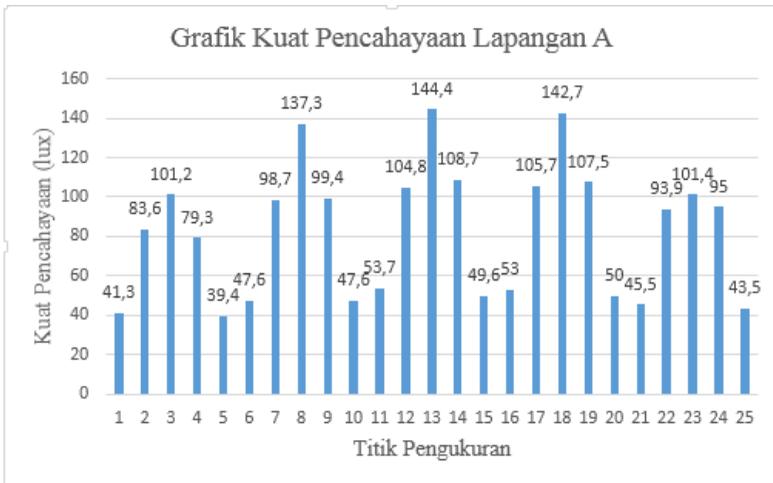


**Gambar 4.2** Grafik kuat pencahayaan pada titik 8

Berdasarkan **Gambar 4.2** merupakan grafik kuat pencahayaan pada titik 8. Diambil salah satu titik yaitu titik 8 untuk mengetahui hubungan dari lapangan A, B, C, dan D. Hubungan dari setiap memiliki perbedaan, pada lapangan B dan C memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan lapangan A dan D. Hal ini bisa disebabkan oleh posisi dari lapangan B dan C yang berada di tengah antara lapangan A dan D, maka membuat lapangan B dan C mendapatkan tambahan pencahayaan dari sumber cahaya lapangan A dan D. Kondisi ini berlaku pada keseluruhan titik pengukuran.

#### 4.1.2 Hubungan Kuat Pencahayaan Antar Titik

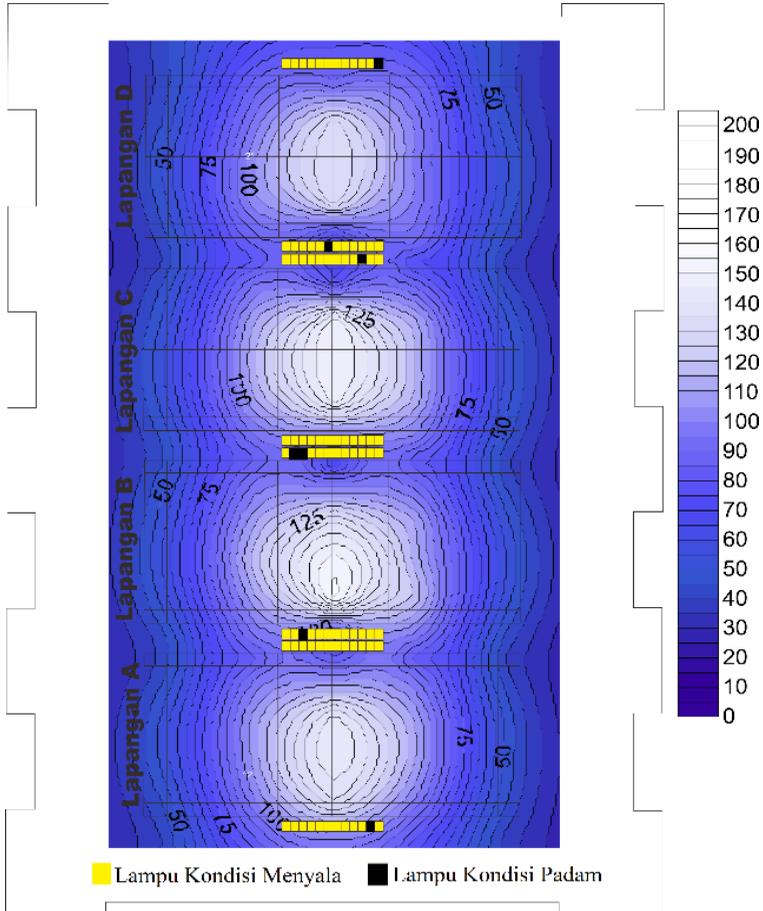
Hubungan kuat pencahayaan juga di tinjau dari antar titik yang ada di lapangan. Dengan ini dapat diketahui nilai kuat pencahayaan yang paling rendah atau yang paling tinggi berada di titik tersebut. Hal ini akan ditampilkan grafik nilai kuat pencahayaan setiap titik pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.3** Grafik kuat pencahayaan lapangan A

Sedangkan **Gambar 4.3** menunjukkan kondisi kuat pencahayaan titik 1 sampai titik 25 pada lapangan A. Titik ukur yang memiliki nilai sangat rendah adalah pada titik 1, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 20, 21, dan 25 dengan nilai terendah 39 lux. Hal ini terjadi karena posisi tersebut berada dibagian belakang yang jauh dari pusat sumber cahaya, berbeda dengan kondisi di titik 8, 13, dan 18 yang memiliki nilai kuat pencahayaan paling tinggi dengan nilai tertinggi 158 lux, karena kondisi titik tersebut berada di tengah lapangan yang mana sumber cahaya mengarah pada bagian tersebut (posisi titik ukur dapat dilihat pada **Gambar 4.1**). Dari seluruh lapangan dengan nilai kuat pencahayaan tertinggi 158 lux dan rata-rata sekitar 83 lux, nilai ini tentunya belum memenuhi target yang telah direkomendasikan oleh *Sport England* dan *Badminton World Federation* sebesar 500-1000 lux. Sementara jika dilihat dari sisi tingkat keseragaman empat unit lapangan bulutangkis ITS juga tidak merata, di karenakan perbandingan antara nilai kuat pencahayaan minimum dengan kuat pencahayaan rata-rata (*min/average*) di lapangan masih kurang dari 0,8 yang

direkomendasikan oleh (Pritchard,1986) yaitu hanya 0,5. Semakin tinggi nilai keseragamannya maka nilai kuat pencahayaan dilapangan juga semakin merata, dengan ini mampu meningkatkan efektifitas dari sebuah permainan bulu tangkis. Selain ditinjau nilai keseragamannya, untuk lebih jelasnya ditampilkan ilustrasi mapping kuat pencahayaan dari seluruh lapangan pada **Gambar 4.4**.



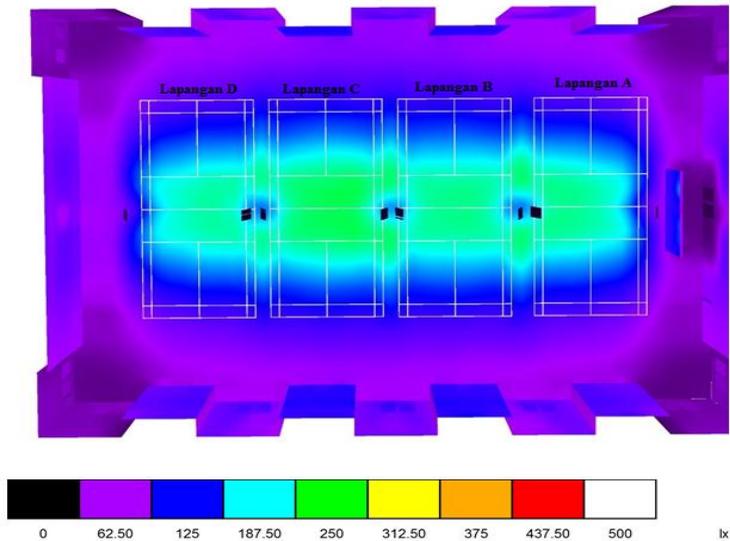
**Gambar 4.4** Pemetaan distribusi kuat pencahayaan seluruh lapangan

Berdasarkan **Gambar 4.4** pemetaan distribusi nilai kuat pencahayaan dari setiap lapangan yang ada di GOR bulu tangkis ITS Surabaya. Warna kotak kuning itu merupakan ilustrasi lampu di lapangan bulu tangkis, sedangkan warna kotak hitam adalah lampu dengan kondisi padam. Dengan padamnya lampu, mempengaruhi nilai kuat pencahayaan yang ada di lapangan serta distribusinya, hal ini terlihat pada lapangan B memiliki kondisi tiga lampu padam yang berdampak pada distribusi lampu di lapangan lebih tidak merata, akan tetapi lapangan B dan lapangan C memiliki nilai kuat pencahayaan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat pencahayaan rata-rata lapangan A dan lapangan D dikarenakan lapangan C dan D mendapatkan pancaran dari lapangan A dan D. Ditinjau dari ilustrasi setiap lapangan yang disajikan, tingkat pencahayaan lebih terfokus terang di bagian tengah saja, dan terlihat gelap di sisi bagian samping dan belakang.

#### **4.2 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Simulasi**

##### *Existing*

Sebelum dilakukan simulasi perbaikan, terlebih dahulu dilakukan simulasi untuk kondisi *existing* atau kondisi sesuai dengan yang ada di lapangan. Hal ini dilakukan mulai dari penyesuaian dimensi ruang, jenis lampu yang digunakan, banyak lampu yang digunakan, serta posisi lampu seperti ketinggian dan posisi sudutnya. Lampu yang digunakan disini adalah TL-D36W/54-765 sebanyak 24 buah setiap lapangan, yang menghasilkan fluks cahaya sebesar 2500 lumen, nilai CCT sebesar 6500K dan CRI sebesar 70. Nilai parameter yang dipakai ini akan memberikan kesan suasana dingin dan renderasi warna yang cukup. Selain itu, simulasi kondisi *existing* perlu dilakukan guna memvalidasi data dari pengukuran dengan data dari hasil simulasi sejauh mana perbedaan yang diberikan. Maka dilakukan simulasi kondisi *existing* seperti yang di tampilkan **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** hasil simulasi kondisi *existing* model *falsecolor*

Berdasarkan **Gambar 4.5**, dapat dibuat nilai keseragaman dari parameter kuat pencahayaan seperti terlihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** nilai kuat pencahayaan hasil simulasi *existing*

Bidang Simulasi	Kuat Pencahayaan			Keseragaman $U_o$ (min/ave)	Nilai rekomendasi	
	$E_{min}$ (lux)	$E_{ave}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)		E (lux)	$U_o$
	Lapangan A	47	103	161		
Lapangan B	82	126	170	0,65	500	0,8
Lapangan C	81	128	172	0,63	500	0,8
Lapangan D	49	104	158	0,47	500	0,8

Berdasarkan **Gambar 4.5** menampilkan nilai kuat pencahayaan dari hasil simulasi menggunakan *software* DIALux 4.13. Hasil yang disajikan memiliki nilai kuat pencahayaan rata-rata belum memenuhi standar yang telah direkomendasikan yaitu sebesar 500 lux, bahkan tidak mencapai target minimum yang direkomendasikan sebesar 300 lux, Hal ini menunjukkan bahwa secara simulasi kondisi *existing*, nilai kuat pencahayaan di lapangan bulutangkis tidak memenuhi standar. Sedangkan ditinjau dari segi keseragamannya juga masih belum merata, hal ini ditunjukkan oleh pencahayaan terfokus dibagian tengah lapangan

Mengenai perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran memiliki kesimpulan yang sama bahwa nilai kuat pencahayaan dan tingkat keseragamannya belum memenuhi standar yang telah di rekomendasikan. Sedangkan untuk nilainya terdapat perbedaan, hasil simulasi nilainya lebih tinggi di karenakan pada simulasi kondisi lampu belum mengalami penyusutan nilai lumen, serta belum terkena debu. Oleh karena itu dilakukan perhitungan bagaimana jika kondisi dilapangan belum terjadi pengurangan nilai fluks cahayanya dan faktor kebersihannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi dapat dilakukan pendekatan melalui perhitunga nilai CU dan LLF (BAB II). **Berikut adalah contoh perhitungan untuk lapangan A:**

Diketahui: Luas lapangan A = 81,74 m<sup>2</sup>

Kuat pencahayaan rata-rata ( $E_{ave}$ )= 83 lux

Fluks cahaya 23 lampu @2500lm ( $\Phi$ ) = 57500

Nilai LLF ( faktor kehilangan cahaya):

a) LLD ( penurunan fluks cahaya oleh kinerja)

Dalam satu hari lapangan digunakan 8 jam dikalikan setahun 360 hari = 2880 jam. Sehingga berdasarkan grafik gambar 2.8 didapatkan LLD sebesar 91% = 0,91.

b) LDD (penurunan fluks oleh armatur yang kotor)

Pada lapangan bulu tangkis ITS armatur lampu dalam setahun tergolong bersih sehingga penurunannya 10%. Jadi nilai LDD=  $100\% - 10\% = 90\% = 0,9$ .

- c) RSDD (penurunan fluks oleh permukaan ruang yang kotor)

Pada lapangan bulu tangkis ITS permukaan ruang tergolong bersih sehingga penurunannya 13%. Jadi nilai RSDD  $100 - 13\% = 87\% = 0,87$ .

$$\begin{aligned} \text{LLF} &= \text{LLD} \times \text{LDD} \times \text{RSDD} \\ &= 0,91 \times 0,9 \times 0,87 \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

Nilai CU ( koefisien penggunaan) didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.14.

$$CU \text{ lapangan } A = \frac{E_{ave} \times A}{\text{LLF} \times \Phi_{total}}$$

$$CU \text{ lapangan } A = \frac{83 \times 81,74}{0,71 \times 57500}$$

$$CU \text{ lapangan } A = 0,17$$

Sementara untuk mendapatkan nilai kuat pencahayaan dilapangan secara murni tanpa adanya faktor kehilangan fluks cahaya (LLF) maka digunakan persamaan 2.13, berikut salah satu contoh perhitungannya.

$$\begin{aligned} E_{ave} &= \frac{\Phi \times CU}{A} \\ E_{ave} &= \frac{57500 \times 0,17}{81,74} \\ E_{ave} &= 120 \text{ lux} \end{aligned}$$

Nilai kuat pencahayaan rata-rata dari perhitungan untuk setiap lapangannya di tampilkan pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4. 3** perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan

LAPANGAN		A	B	C	D
CU		0,17	0,19	0,17	0,17
E <sub>ave</sub>	Simulasi	103,3	126,3	127,9	104,1
	Perhitungan	120	122	120	114
Perbandingan (simulasi/perhitungan)		0,9	1,0	1,1	0,9

Berdasarkan **Tabel 4.3** mengenai perbandingan hasil nilai kuat pencahayaan dari simulasi *software* dengan hasil perhitungan dari data pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa perbedaan nilainya kecil, hal ini di tunjukkan nilai perbandingannya berada di sekitar 0,9 sampai 1,1. Sehingga dapat dikatakan bahwa *software DIALux 4.13* yang digunakan cukup akurat, dan bisa digunakan untuk melakukan simulasi perbaikan desain pencahayaan pada lapangan bulu tangkis ITS Surabaya.

#### 4.3 Simulasi Perbaikan Desain Pencahayaan

Untuk memperoleh nilai kuat pencahayaan yang disyaratkan oleh BWF, maka berdasarkan hasil pengukuran kondisi eksisting dan simulasi untuk kondisi eksisting, dilakukan simulasi optimasi. Dalam perbaikan kali ini adalah dilakukan perubahan terhadap jenis lampu yang digunakan, posisi dari lampu seperti ketinggiannya dari lantai dan sudut pancaran ke bidangnya, serta jumlah lampu yang digunakan. Sebelum perbaikan, dilakukan perhitungan berapa nilai lumen yang dibutuhkan pada masing-masing lapangannya sehingga bisa didapatkan jumlah lampu dan fluks luminus lampu yang digunakan. Digunakan metode lumen sesuai persamaan 2.14, diperoleh nilai lumen yang dibutuhkan di lapangan bulu tangkis ITS Surabaya. Berikut adalah perhitungan untuk seluruh lapangan yang sejumlah empat unit, dengan nilai CU rata-rata seluruh lapangan dari **Tabel 4.3** yakni sebesar 0,18.

$$E_{ave} = \frac{\Phi \times CU \times LLF}{A}$$

$$\Phi = \frac{E_{ave} \times A}{CU \times LLF}$$

$$\Phi = \frac{500 \text{ lux} \times 326,96 \text{ m}^2}{0,18 \times 0,71}$$

$$\Phi = \frac{163480}{0,1278}$$

$$\Phi = 1279186 \text{ lumen}$$

Berdasarkan nilai lumen sebesar 1279186 lumen, maka simulasi perbaikan diharapkan mampu memenuhi nilai tersebut.

#### 4.3.1 Simulasi Variasi Pertama

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting dan simulasi, simulasi perbaikan dilakukan dengan mengganti lampu dari TL-D36W sebanyak 96 dengan TL-D58W sebanyak 248 buah lampu untuk keseluruhan lapangan, yang mana setiap lapangan terdapat 62 lampu. Lampu TL-D58W memiliki karakteristik bisa menghasilkan fluks cahaya sebesar 5150 lumen, daya yang dibutuhkan 55 watt, nilai CRI 80 sehingga bisa menghasilkan renderasi warna yang jelas, serta nilai CCT 4000K membuat suasana lapangan netral. Berdasarkan persamaan 2.15 mengenai jumlah lampu ( $n$ ) yang digunakan didapatkan dari sebuah perhitungan yaitu nilai lumen yang dibutuhkan di lapangan ( $\Phi$ ) dibagi dengan nilai lumen yang di hasilkan oleh suatu lampu ( $l$ ). Berikut perhitungannya:

$$n = \frac{\Phi}{l}$$

$$n = \frac{1279186}{5150}$$

$$n_{keseluruhan} = 248 \text{ lampu}$$

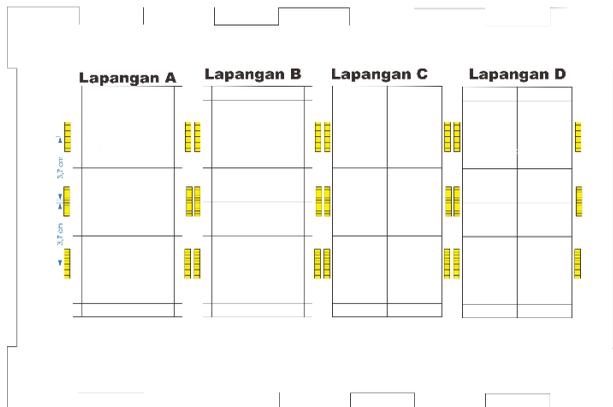
$$n_{lapangan} = 248/4$$

$$n_{lapangan} = 62 \text{ lampu}$$

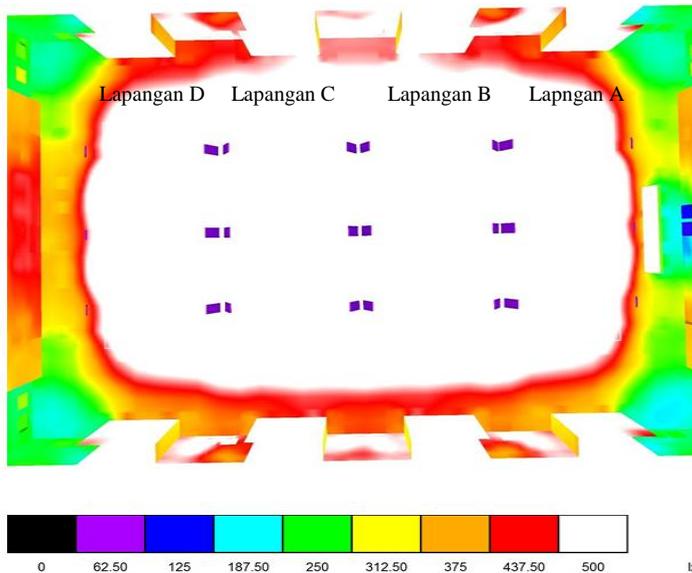
Selain itu, dari sisi distribusi kuat pencahayaannya juga belum merata. Sehingga dilakukan perubahan posisi dari lampu dan ketinggian lampu. Posisi lampu dibuat dua variasi yaitu pada 2 dan 6 titik per lapangannya. Ketinggian digunakan dua variasi yaitu ketinggian 3,5 m dan 5m dari lantai. Dari beberapa variasi yang dilakukan, didapatkan simulasi dengan hasil terbaik yaitu pada saat lampu di ketinggian 3,5m dan lampu tersebar di 6 titik.

**Tabel 4.4** Hasil simulasi variasi pertama ketinggian 3,5m dan posisi 6 titik

Bidang Simulasi	Kuat Pencahayaan			Keseragaman $U_o$ (min/ave)	Nilai Rekomendasi	
	$E_{min}$ (lux)	$E_{ave}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)		E (lux)	$U_o$
Lapangan A	320	565,6	769	0,6	500	0,8
Lapangan B	545	686,96	816	0,8	500	0,8
Lapangan C	530	689,2	829	0,8	500	0,8
Lapangan D	326	565,76	776	0,6	500	0,8



**Gambar 4.6** denah penempatan lampu pada posisi 6 titik



Gambar 4.7 model *falsecolor* variasi pertama ketinggian 3,5m dan posisi 6 titik

Berdasarkan **Gambar 4.6**, jarak antara lampu samping dengan lampu tengah sekitar 3,7 m, sementara Jumlah lampu untuk yang posisi samping adalah 10 buah lampu dan posisi tengah berjumlah 11 lampu, jadi total untuk setiap lapangan ada 62 lampu. Ketinggian lampunya sekitar 3,5m hal ini sesuai dengan kondisi ketinggian di lapangan. Sedangkan sudut kemiringan lampu sekitar  $75^\circ$  dari bidang lapangan. **Tabel 4.4** merupakan nilai kuat pencahayaan dari hasil simulasi variasi pertama ketinggian 3,5 m dan posisi 6 titik. Dari **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.7** dapat diketahui bahwa nilai kuat pencahayaan rata-rata keseluruhan lapangan memenuhi standar yang direkomendasikan dengan tingkat keseragaman cukup merata. Variasi tersebut memberikan hasil yang bagus dengan nilai kuat pencahayaan disetiap lapangan memenuhi standar yang telah direkomendasikan yaitu 500 lux dengan nilai kuat pencahayaan dari hasil simulasi untuk lapangan

A,B,C, dan D berturut-turut 565,6 lux; 686,9 lux; 689,2 lux; dan 565,7 lux dengan nilai keseragaman 0,6 sampai 0,8 yang mana angka tersebut sudah menyatakan distribusi yang dihasilkan sudah cukup merata.

#### 4.3.2 Simulasi Variasi Kedua

Pada variasi kedua digunakan jenis lampu yang berbeda. Lampu yang digunakan adalah BVP651 T25 1xLED750-4S/740 sebanyak 16 buah lampu. Lampu LED750-4S /740 memiliki karakteristik menghasilkan fluks cahaya 76000 lumen, daya yang dibutuhkan 520 watt, nilai CRI 70 sehingga bisa menghasilkan renderasi warna yang cukup jelas, serta nilai CCT 4000K membuat suasana lapangan netral. Berdasarkan persamaan 2.15 mengenai jumlah lampu ( $n$ ) yang digunakan didapatkan dari sebuah perhitungan yaitu nilai lumen yang dibutuhkan di lapangan ( $\Phi$ ) dibagi dengan nilai lumen yang di hasilkan oleh suatu lampu ( $l$ ). Berikut perhitungannya:

$$n = \frac{\Phi}{l}$$

$$n = \frac{1279186}{76000}$$

$$n_{keseluruhan} = 16 \text{ lampu}$$

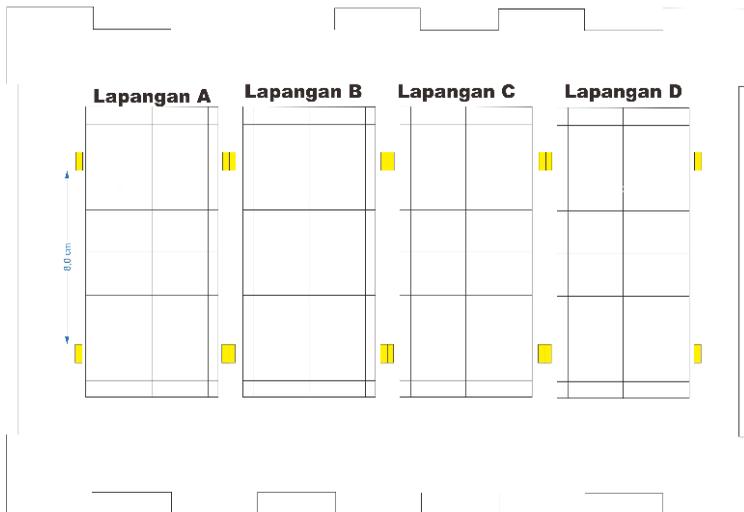
$$n_{lapangan} = 16/4$$

$$n_{lapangan} = 4 \text{ lampu}$$

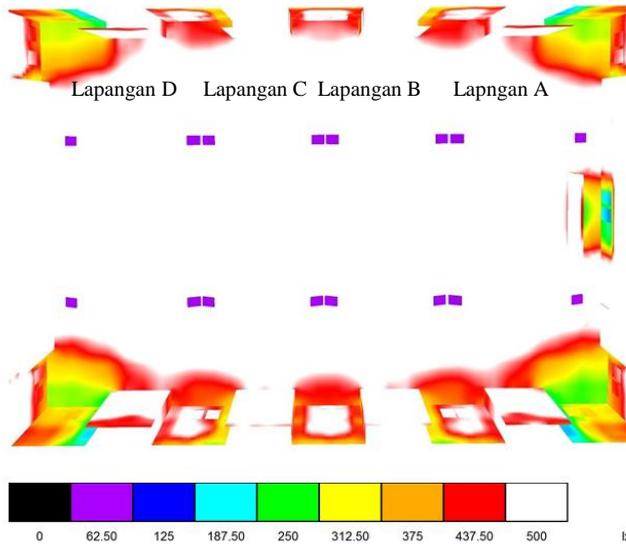
Setelah diketahui jumlah lampu yang dibutuhkan, dilakukan beberapa variasi ketinggian 3,5 m dan 5 m, sudut penempatan lampu terhadap bidang lapangan mulai dari 0° sampai 45°, dan jarak antar lampu pada sisi lapangan 5,5 m dan 8 m. Dari beberapa variasi yang dilakukan didapatkan hasil terbaik pada saat posisi lampu di ketinggian 5m dari lantai, jarak antar lampu pada sisi lapangan 8m, dan sudut antara lampu dengan bidang lapangan 30°.

**Tabel 4.5** Hasil simulasi variasi kedua ketinggian 5m dan jarak antar lampu 8m dan sudut 30°.

Bidang Simulasi	Kuat Pencahayaan			Keseragaman $U_o$ (min/ave)	Nilai Rekomendasi	
	$E_{min}$ (lux)	$E_{ave}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)		E (lux)	$U_o$
Lapangan A	364	556	750	0,7	500	0,8
Lapangan B	630	717,92	794	0,9	500	0,8
Lapangan C	629	720,48	798	0,9	500	0,8
Lapangan D	368	563,24	755	0,7	500	0,8



**Gambar 4.8** denah penempatan lampu variasi kedua



Gambar 4.9 model *falsecolor* variasi kedua

Berdasarkan **Gambar 4.8** jarak antara lampu 8 meter dengan jumlah lampu secara keseluruhan 16 buah. Ketinggian lampunya 5 meter hal ini sesuai dengan rekomendasi ketinggian di *Sport England*. Sedangkan sudut kemiringan lampu sekitar  $30^\circ$  dari bidang lapangan. **Tabel 4.5** merupakan nilai kuat pencahayaan dari hasil simulasi variasi kedua. Dari **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.9** dapat diketahui bahwa nilai kuat pencahayaan rata-rata keseluruhan lapangan memenuhi standar yang direkomendasikan dengan tingkat keseragaman merata. Variasi tersebut memberikan hasil yang bagus dengan nilai kuat pencahayaan disetiap lapangan memenuhi standar yang telah direkomendasikan yaitu 500 lux. Nilai kuat pencahayaan dari hasil simulasi untuk lapangan A,B,C, dan D berturut-turut 556 lux; 717,92 lux; 720,48 lux; dan 563,24 lux dengan nilai keseragaman 0,7 sampai 0,9 yang mana angka tersebut sudah menyatakan distribusi yang dihasilkan sudah merata.

Dari kedua variasi yang dilakukan, antara variasi pertama yang menggunakan lampu TL-D58W sebanyak 248 buah lampu dengan variasi kedua menggunakan lampu LED750-4S/740 sebanyak 16 buah lampu hasil terbaik di sajikan pada variasi kedua. Dengan pertimbangan tingkat keseragaman yang lebih merata, dan konsumsi daya dari lampu LED yang lebih irit yakni sebesar 8320 Watt sedangkan penggunaan lampu TL-D58W mengkonsumsi daya 13640 Watt.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil evaluasi dan simulasi kondisi kuat pencahayaan di lapangan bulu tangkis ITS Surabaya dapat diambil kesimpulan diantaranya:

1. Nilai kuat pencahayaan rata-rata pada lapangan A,B,C,D adalah 83 lux yang mana nilai tersebut belum memenuhi standar *Sport England* dan *Badminton World Federation*. Nilai keseragaman (*min/ave*) dari lapangan A, B, C, D rata-rata sebesar 0,5 yang mana belum memenuhi target minimal 0,8 sehingga di simpulkan kondisi kuat pencahayaan belum merata.
2. Perbandingan antara hasil simulasi kondisi *Existing* dengan hasil pengukuran di lapangan sesuai dengan rasio perbandingan 1.
3. Desain optimasi yang baik adalah pada skenario kedua, dengan menggunakan lampu LED750-4S/740 sebanyak 16 buah lampu dengan ketinggian 5 meter, jarak antar lampu 8 meter, dan sudut kemiringan 30° terhadap bidang lapangan.
4. Berdasarkan hasil simulasi, penggunaan lampu TL-D58W sejumlah 248 buah lampu mampu menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 626 lux, serta memiliki tingkat keseragaman 0,7 dengan konsumsi daya sebesar 13640 watt.
5. Penggunaan lampu LED750-4S/740 sebanyak 16 buah lampu mampu menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 639 lux, serta memiliki tingkat keseragaman 0,8 dengan konsumsi daya sebesar 8320 watt.

## 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang diberikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai parameter sitem pencahayaan yang lain, meliputi:

1. Pengaruh kuat pencahayaan terhadap tingkat kesilauan
2. Hubungan kuat pencahayaan dengan *thermal*
3. Pengaruh warna terhadap kuat pencahayaan
4. Analisis karakteristik dan efisiensi lampu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional (BSN), SNI 03-6575-2001 tentang Perancangan Pencahayaan Buatan
- Badan Standar Nasional (BSN), SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan Pada Tempat Kerja
- Badminton World federation. "Specification for International Standard Facilities".*
- Dilaura, David L. 2011. **IES The Lighting Handbook Reference and Application 10th edition.** United States of America: Library of Congress
- Karlen, Mark. James Benya. 2007. **Dasar-Dasar Desain Pencahayaan.** Jakarta: Penerbit Erlangga
- Muhaimin. 2001. **Teknologi Pencahayaan.** Bandung: Refika Aditama.
- Mujib, Farid K.2012. **Desain Pencahayaan Lapangan Bulu Tangkis Indoor ITS.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Paschal, J.M.. 1998. *Step by Step Guide to Lighting.* Primedia Intertec, Kansas.
- Pritchard, ed. 1986. *Interior Lighting Design, 6th edition.* The Lighting Industry Federation Ltd, London.
- Satwiko, Prasasto. 2008. **Fisika Bangunan.** Andi: Yogyakarta
- Satwiko, Prasato.2011. **Pemakaian Perangkat Lunak DIALux Sebagai Alat Bantu Proses Belajar Tata Cahaya.** Universitas Atma Jaya Yogyakarta : Yogyakarta
- Sport England.2011. "Badminton Design Guidance Note". England*

<http://futurummechanicis.blogspot.co.id/> diakses pada tanggal 18 September 2017

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/PnJunction-LED-E.svg> diakses pada tanggal 18 September 2017

[<http://indalux.co.id/wp-content/uploads/2016/03/Artikel-2.jpg>]  
diakses pada tanggal 18 September 2017

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

#### A.1 Data Hasil Pengukuran di lapangan

Titik	Kuat Pencahayaan			
	E <sub>Lapangan</sub> A	E <sub>Lapangan</sub> B	E <sub>Lapangan</sub> C	E <sub>Lapangan</sub> D
1	41,3	44,3	47,3	43,8
2	83,6	94	92,4	86,8
3	101,2	73	95	67,7
4	79,3	96,8	97,5	92,5
5	39,4	45	47,6	44,8
6	47,6	53,9	54,2	49,4
7	98,7	106,5	108	102,2
8	137,3	158	148,5	134
9	99,4	118	112	97,7
10	47,6	54,3	53,6	50,7
11	53,7	57,2	56,2	52
12	104,8	115,8	112	102,4
13	144,4	152	148,4	133
14	108,7	109,8	112,1	96,4
15	49,6	56,8	55,3	52,3
16	53	54,2	52,2	46,5
17	105,7	106,5	108	94,7
18	142,7	133,7	150	132,5
19	107,5	108,3	111,1	97,4
20	50	52,8	52,4	47,6
21	45,5	49,6	46,4	42,8
22	93,9	94,2	93,5	85
23	101,4	91	76	90,4
24	95	89,7	85,6	89
25	43,5	44,3	42,7	42,6

### A.2 Data Hasil Simulasi *Existing*

Titik	Kuat Pencahayaan			
	$E_{\text{Lapangan A}}$	$E_{\text{Lapangan B}}$	$E_{\text{Lapangan C}}$	$E_{\text{Lapangan D}}$
1	47	82	88	70
2	84	158	160	153
3	50	92	98	90
4	84	159	161	154
5	47	83	88	90
6	60	88	90	76
7	118	169	172	158
8	127	146	167	144
9	117	170	172	158
10	59	89	91	76
11	71	91	91	71
12	137	163	167	138
13	153	161	153	150
14	136	165	167	139
15	70	92	92	72
16	77	89	88	62
17	159	166	170	120
18	156	143	153	137
19	159	169	170	122
20	77	91	88	62
21	80	87	81	49
22	160	157	156	93
23	114	98	95	74
24	161	160	157	95
25	80	89	82	50

### A.3 Data Hasil Simulasi TL-D58W

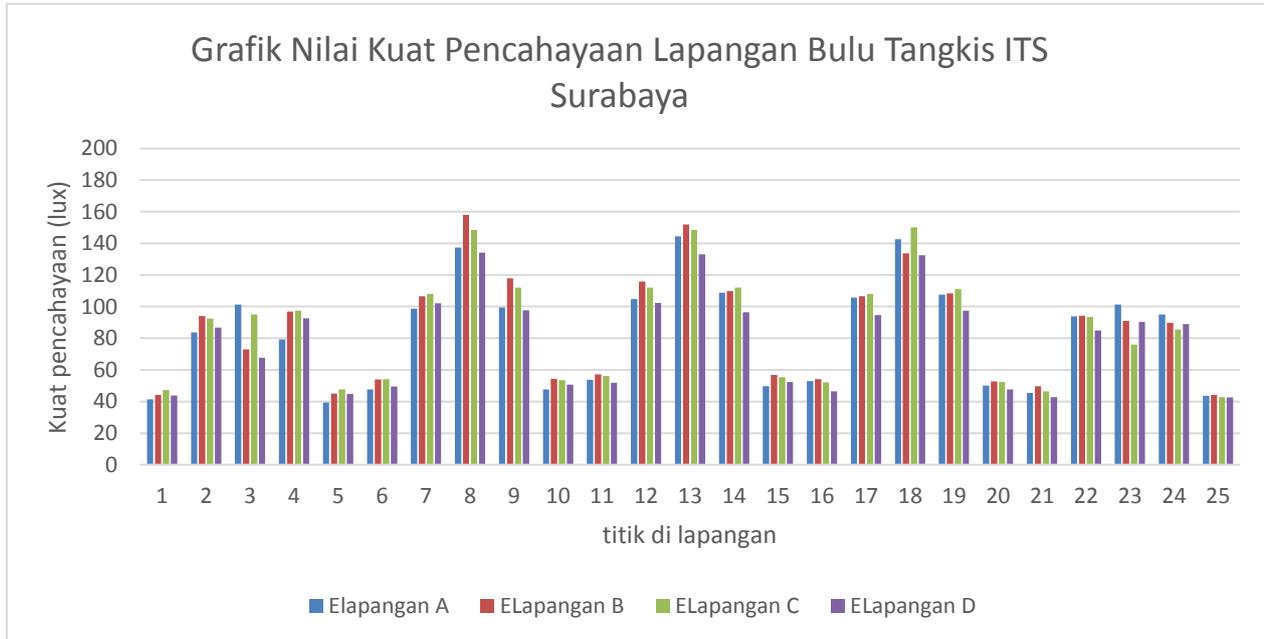
Titik	Kuat Pencahayaan			
	$E_{\text{Lapangan A}}$	$E_{\text{Lapangan B}}$	$E_{\text{Lapangan C}}$	$E_{\text{Lapangan D}}$
1	320	550	572	542
2	429	724	742	713
3	391	659	678	643
4	442	771	778	755
5	322	545	555	526
6	432	586	603	551
7	593	786	806	749
8	613	790	804	742
9	595	814	829	776
10	435	581	595	545
11	485	567	574	483
12	666	760	771	662
13	705	811	822	705
14	672	780	791	674
15	485	558	567	484
16	549	595	586	429
17	750	792	788	589
18	739	793	786	613
19	769	816	811	595
20	548	586	581	435
21	541	570	546	330
22	719	739	717	432
23	648	672	644	397
24	757	776	754	448
25	535	553	530	326

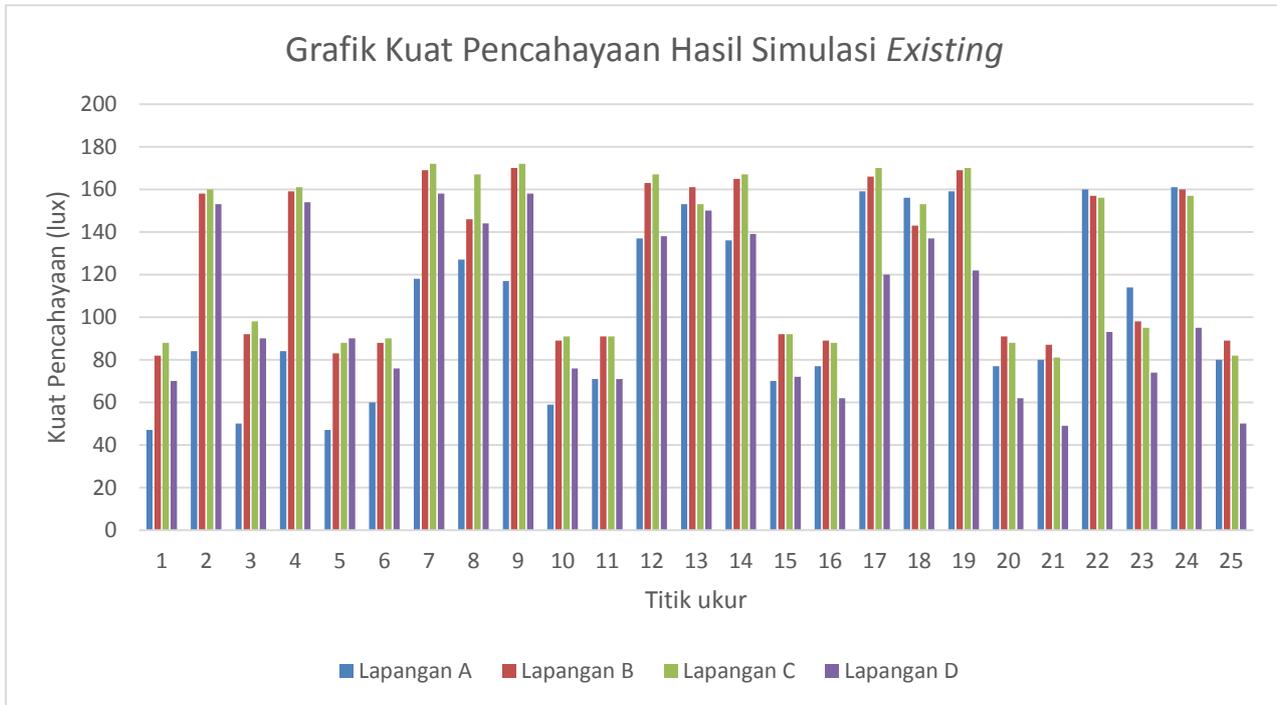
**A.4 Data Hasil Simulasi LED750-4S/740**

Titik	Kuat Pencahayaan			
	$E_{\text{lapangan A}}$	$E_{\text{lapangan B}}$	$E_{\text{lapangan C}}$	$E_{\text{lapangan D}}$
1	403	693	723	687
2	442	761	792	755
3	364	630	662	622
4	443	758	791	750
5	404	699	724	692
6	433	703	721	654
7	498	779	798	724
8	474	638	658	595
9	496	774	791	716
10	433	707	718	655
11	495	643	652	518
12	574	739	746	601
13	554	679	682	564
14	584	737	740	589
15	503	646	647	511
16	641	706	700	436
17	707	787	776	503
18	596	665	648	483
19	718	794	782	504
20	649	719	707	439
21	688	722	699	408
22	749	794	765	450
23	615	658	629	368
24	750	790	762	448
25	687	727	699	409

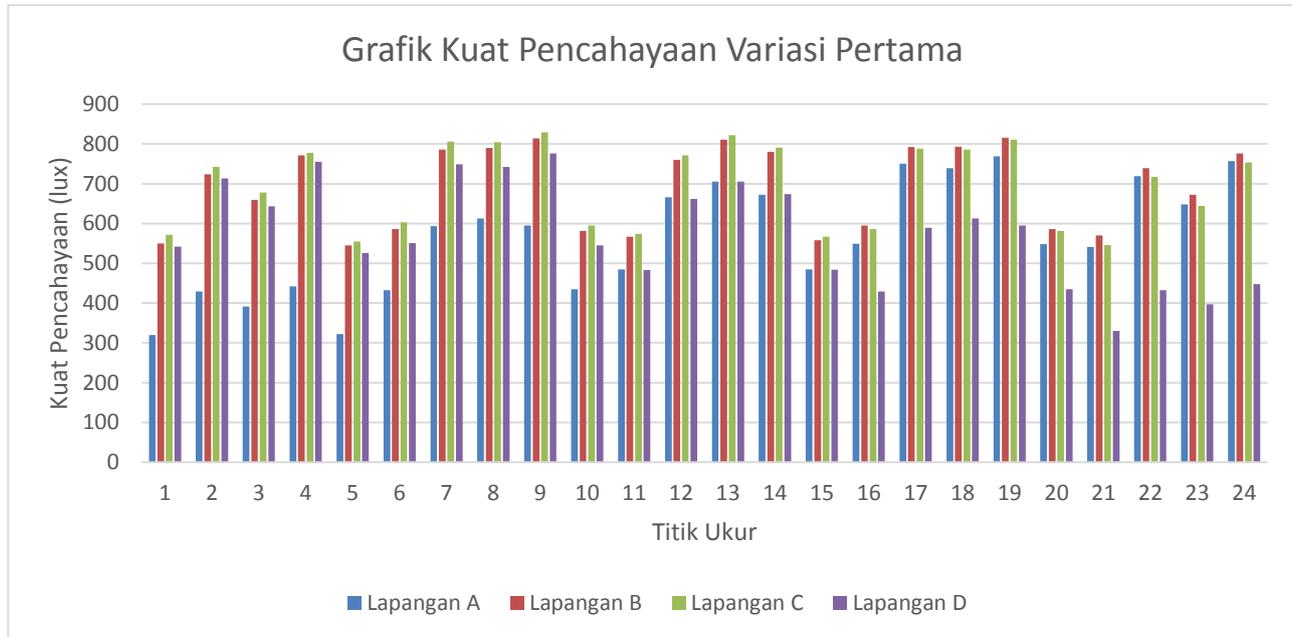
## LAMPIRAN B

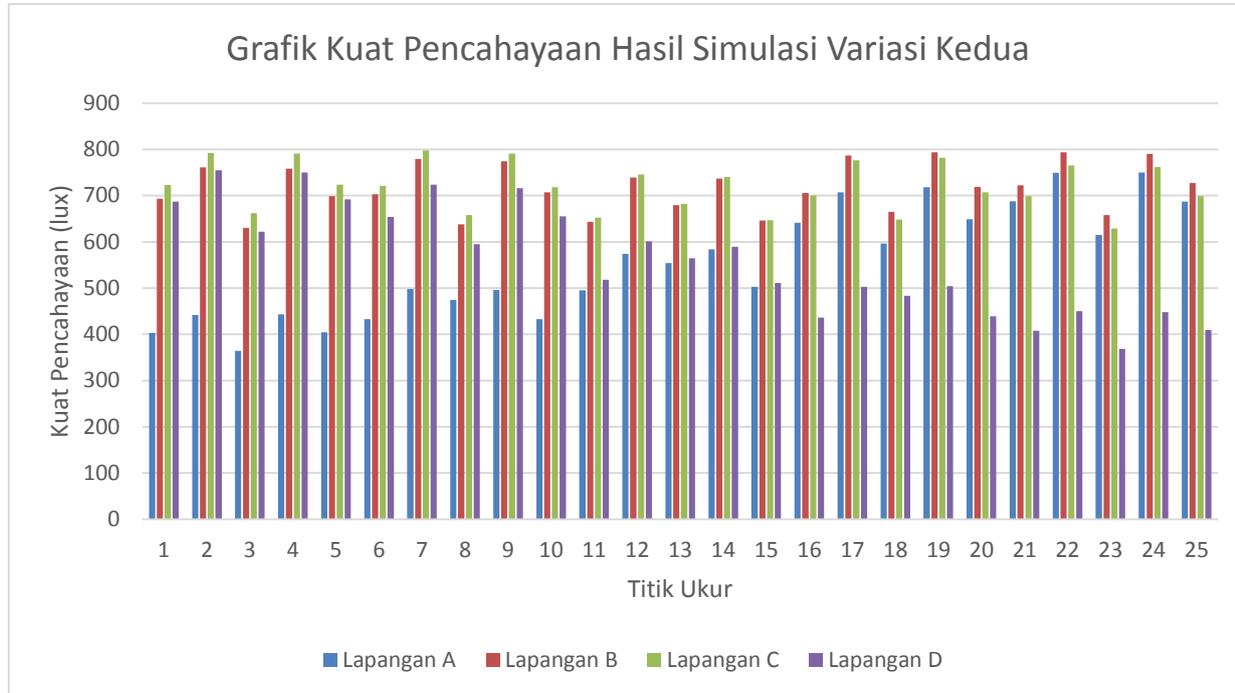
### B.1 Grafik Kuat Pencahayaan Hasil Pengukuran



**B.2 Grafik Kuat Pencahayaan Hasil Simulasi *Existing***

### B.3 Grafik Kuat Pencahayaan Hasil Simulasi Variasi Pertama



**B.4 Grafik Kuat Pencahayaan Hasil Simulasi Variasi Pertama**

# LAMPIRAN C

## Datasheet Lampu TL-D36W

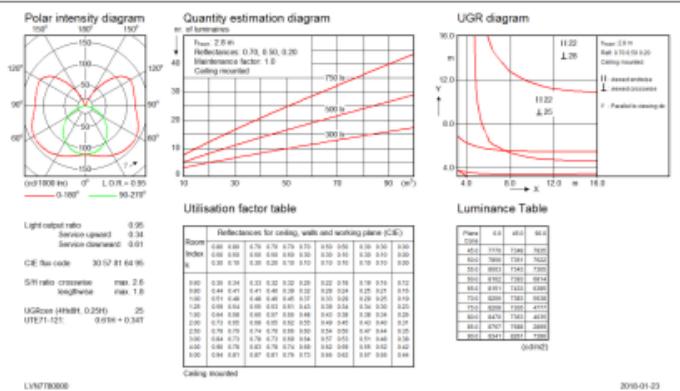
### Lineco TMS022

Luminaire : TMS022 1xTL-D36W\_54-765  
 Total Lamp Flux : 2500 lm  
 Light Output Ratio : 0.95  
 Luminous Flux : 2375 lm  
 Power : 43 W  
 LxBxH : 1.23x0.06x0.06 m  
 Ballast : Conventional



### TMS022 1xTL-D36W\_54-765

1 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](http://www.philips.com/lighting)

data subject to change



## Datasheet Lampu LED750-4S/740

### ClearFlood Large

Luminaire : BVP651 T25 1 xLED750-4S/740 DM10  
 Total Lamp Flux : 76000 lm  
 Light Output Ratio : 0.81  
 Luminous Flux : 61560 lm  
 Power : 520 W  
 LxBxH : 0.77x0.52x0.08 m  
 Ballast : -

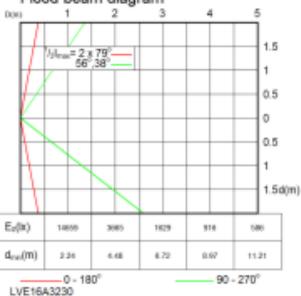


### BVP651 T25 1 xLED750-4S/740 DM10

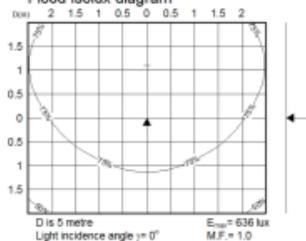
L.O.R. = 0.81

1 x 76000 lm

Flood beam diagram



Flood isolux diagram



2018-01-23



© 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](http://www.philips.com/lighting)

data subject to change

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Ahmad Halimul Adib merupakan nama dari penulis. Anak pertama dari pasangan Materun dan Umu Azizah. Putra kelahiran Gresik tanggal 16 April 1995. Memulai pendidikan di TK Dharmawanita Kisik, kemudian masuk MI Hidayatul Ulum Kisik, Kecamatan Bungah. Melanjutkan pendidikan menengah di SMPN 1 Bungah. Pendidikan Atas di SMA Assa'adah Bungah. Setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi pada tahun 2013 di Jurusan Fisika ITS Hingga sekarang dengan NRP 0111340000055. Selain kegiatan perkuliahan penulis juga mengikuti beberapa organisasi mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Fisika ITS departemen PSDM , Forum Studi Islam Fisika ITS departemen Kaderisasi, dan UKM Cinta Rebana ITS departemen Event. Penulis lolos terdandi Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Pengabdian Masyarakat.