



TUGAS AKHIR TF091381

**ANALISA SISTEM PENCAHAYAAN BUATAN
PADA RUANG *INTENSIVE CARE UNIT* (ICU)**

HANANG RIZKI ERSA FARDANA
NRP. 2410100074

Dosen Pembimbing
Ir.Heri Justiono, M.T.

JUSRUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJCECT TF091381

**THE ANALYZE OF ARTIFICIAL LIGHTING
SYSTEM OF INTENSIVE CARE UNIT ROOM
(ICU)**

HANANG RIZKI ERSA FARDANA
NRP. 2410100074

Supervisor
Ir.Heri Justiono, M.T.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

ABSTRAK

Nama : Hanang Rizki Ersa Fardana
NRP : 2410100074
Pembimbing : Ir. Heri Justiono, M.T.

ANALISA SISTEM PENCAHAYAAN BUATAN PADA RUANG *INTENSIVE CARE UNIT* (ICU)

Ruang ICU merupakan ruang rawat inap intensif yang digunakan oleh pasien yang membutuhkan pengawasan secara intens. Menurut *British Standard EN-12464-1*, untuk pemeriksaan sederhana, diperlukan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 300 lux, indeks kesilauan maksimal 19 dan keseragaman sebesar 0,6. Sistem pencahayaan yang ada saat ini menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 280 lux, indeks kesilauan 14 dan keseragaman 0,6. Dari hasil tersebut perlu dilakukan perancangan desain sistem pencahayaan buatan. Walaupun indeks kesilauan telah memenuhi standar, namun tetap terdapat keluhan dari pasien terhadap silau. Simulasi desain sistem pencahayaan buatan dilakukan dengan variasi luminer dan peletakan luminer yang digunakan. Desain sistem pencahayaan terbaik didapat dengan menggunakan 1 buah luminer pada atap, dan 1 buah luminer pada dinding, yang menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 318, keseragaman 0,6 dan *glare index* sebesar 9,9.

Kata kunci : Kuat Pencahayaan, Indeks Kesilauan, Keseragaman, Luminer.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

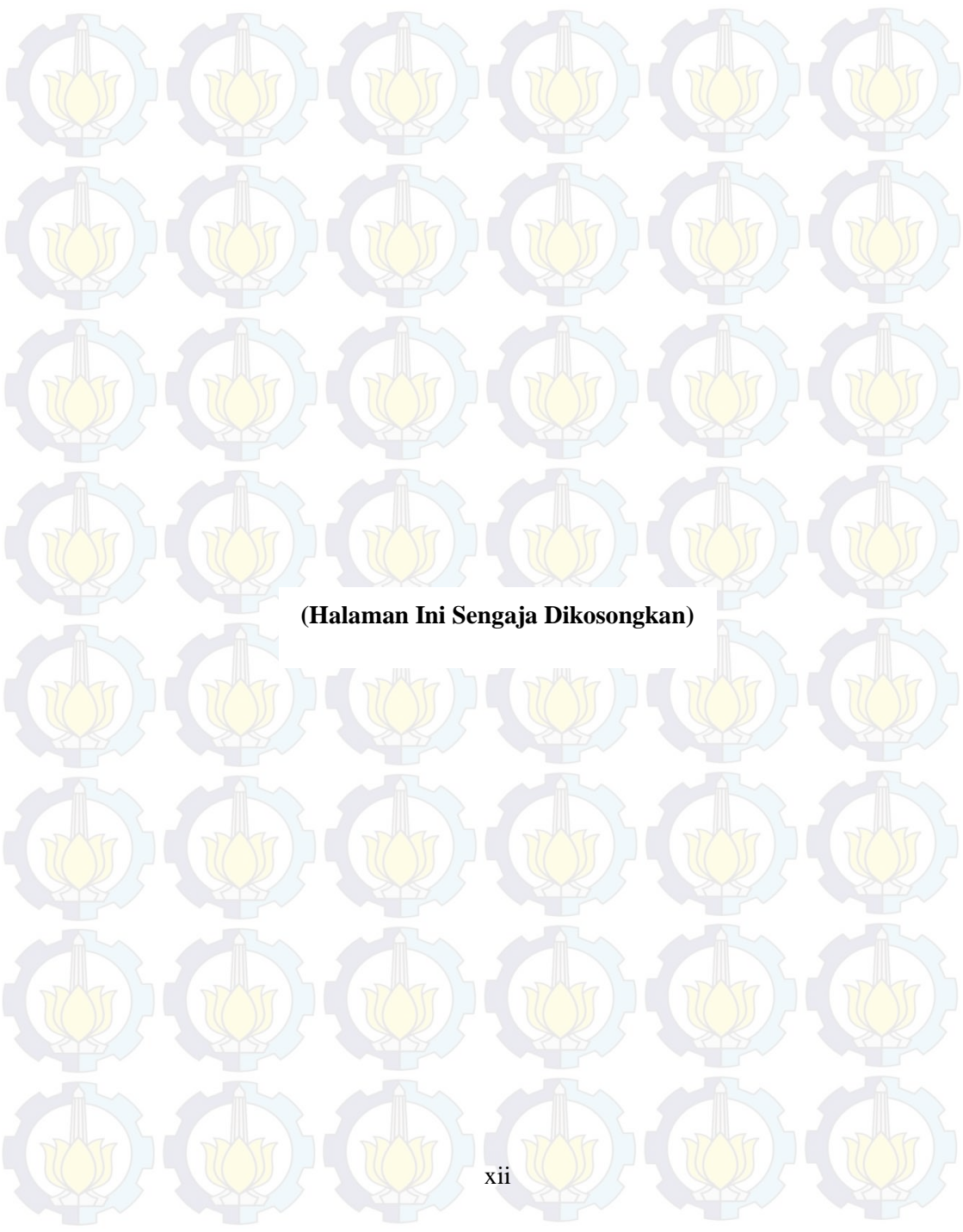
ABSTRACT

Name : Hanang Rizki Ersa Fardana
NRP : 2410100074
Supervisor : Ir. Heri Justiono, M.T.

THE ANALYZE OF ARTIFICIAL LIGHTING SYSTEM OF INTENSIVE CARE UNIT ROOM (ICU)

ICU room is intensive care room for patients who need intens examination. According to British Standard EN-12464-1, for simple examination, the average illumination of ICU room must be 300 lux, the UGRL is not greater than 19, and uniformity is not lower than 0,6. The current artificial lighting of ICU generating average illumination of 280 lux, 14 UGRL, and 0,6 uniformity. Although, the UGRL has met the standard, but there are complaints against glare. Simulation of artificial lighting system done by variety of luminaire and luminaire laying used. The best design obtained by using one luminaire on the roof, and one luminaire on the wall, which result average illumination of 318 lux, 9,9 UGRL, and 0,6 uniformity.

Keyword : Illumination, UGRL, Uniformity, Luminaire.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA SISTEM PENCAHAYAAN BUATAN RUANG
INTENSIVE CARE UNIT (ICU)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

**Hanang Rizki Ersu Fardana
NRP. 2410100074**


Surabaya, 30 Juni 2014

**Mengetahui/Menyetujui
Pembimbing**



**Ir. Heri Justiono, MT
NIP. 195311161980031001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika, FTI – ITS**



**Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA
NIP. 196503091990021001**



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**ANALISA SISTEM PENCAHAYAAN BUATAN RUANG
INTENSIVE CARE UNIT (ICU)**

TUGAS AKHIR




Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Rekayasa Akustik dan Fisika Bangunan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HANANG RIZKI ERSA FARDANA
NRP. 2410100074

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Heri Justiono, M.T.  (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  (Penguji I)
3. Ir. Yerri Susatio, M.T.  (Penguji II)
4. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. (.....) (Penguji III)



(Halaman Ini Sengaja Dikосongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia dan ridho-Nya. Tak lupa, sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga pelaksanaan tugas akhir, yang berjudul “**Analisa Sistem Pencahayaan Buatan Ruang *Intensive Care Unit (ICU)***”, dapat berjalan dengan baik hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan oleh penulis. Penulis berteimakasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan tugas akhir dan penyusunan laporan ini. Pihak tersebut adalah :

1. Bapak Syaifuddin dan Ibu Restuti Mulyani, selaku kedua orang tua dan Adikku tersayang Nanda dan Fariz yang senantiasa mendukung dan mendoakan kelancaran pelaksanaan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Heri Justiono, M.T. yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan ilmunya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
4. Bapak Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Akustik dan Fisika Bangunan Teknik Fisika FTI-ITS.
5. Bapak Wijatno Moeljoatmodjo, S.KM, selaku kepala bagian sanitasi RSUD Haji Surabaya
6. Bapak Aria Suparmadja, S.T., selaku pendamping dalam pengambilan data di ruang ICU.
7. Bapak Ir. Syamsul Arifin, M.T., selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberikan perhatian selama 4 tahun ini.
8. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah menyampaikan ilmu selama kuliah.

9. Laboratorium Akustik dan Fisika Bangunan yang telah memberikan tempat dan alat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman Direksi Bersahabat, Eko, Abdan, Rizki, Rizka, Ani, Devin, dan Laily, serta karyawan dan seluruh anggota Kopma Dr. Angka ITS, yang telah berbagi suka dan duka di sela-sela pengerjaan tugas akhir.
11. Saudaraku SDM IPTEK batch 3, selaku tempat berbagi keceriaan selama pengerjaan tugas akhir.
12. Teman-teman seperjuangan angkatan 2010 Teknik Fisika ITS
13. Dan semua pihak yang telah mendukung dan memberikan doa yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Untuk itu, saran dan kritik yang membawa kebaikan sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat membawa manfaat. Penulis mohon maaf atas kesalahan yang pernah dilakukan selama pelaksanaan tugas akhir hingga penyusunan laporan ini.

Surabaya, 30 Juni 2014

Hanang Rizki Ersa Fardana

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan masalah.....	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI.....	3
2.1 Cahaya.....	3
2.2 Sumber Cahaya.....	4
2.3 Teori Cahaya.....	4
2.3.1 Iluminasi.....	4
2.3.2 Hubungan Candela dan Lumen.....	5
2.3.3 Diagram Polar.....	5
2.4 Hukum Tentang Cahaya.....	6
2.4.1 Inverse Square Law.....	6
2.4.2 Cosine Law.....	7
2.5 Glare.....	8
2.6 Lampu dan Luminer.....	9
2.6.1 Lampu Fluorescent.....	10
2.6.2 Jenis-jenis lampu dan Luminer.....	11
BAB III.....	17
METDOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Alat.....	17
3.2 Metodologi.....	18



BAB IV	21
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Analisa Data.....	21
4.2 Simulasi.....	24
4.2.1 Simulasi Pertama	24
4.2.2 Simulasi Kedua.....	27
4.2.3 Simulasi Ketiga.....	30
4.2.4 Simulasi Keempat.....	33
4.2.5 Simulasi Kelima	38
4.2.6 Simulasi Keenam	39
4.2.7 Simulasi Ketujuh	42
BAB V	47
KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49



DAFTAR TABEL

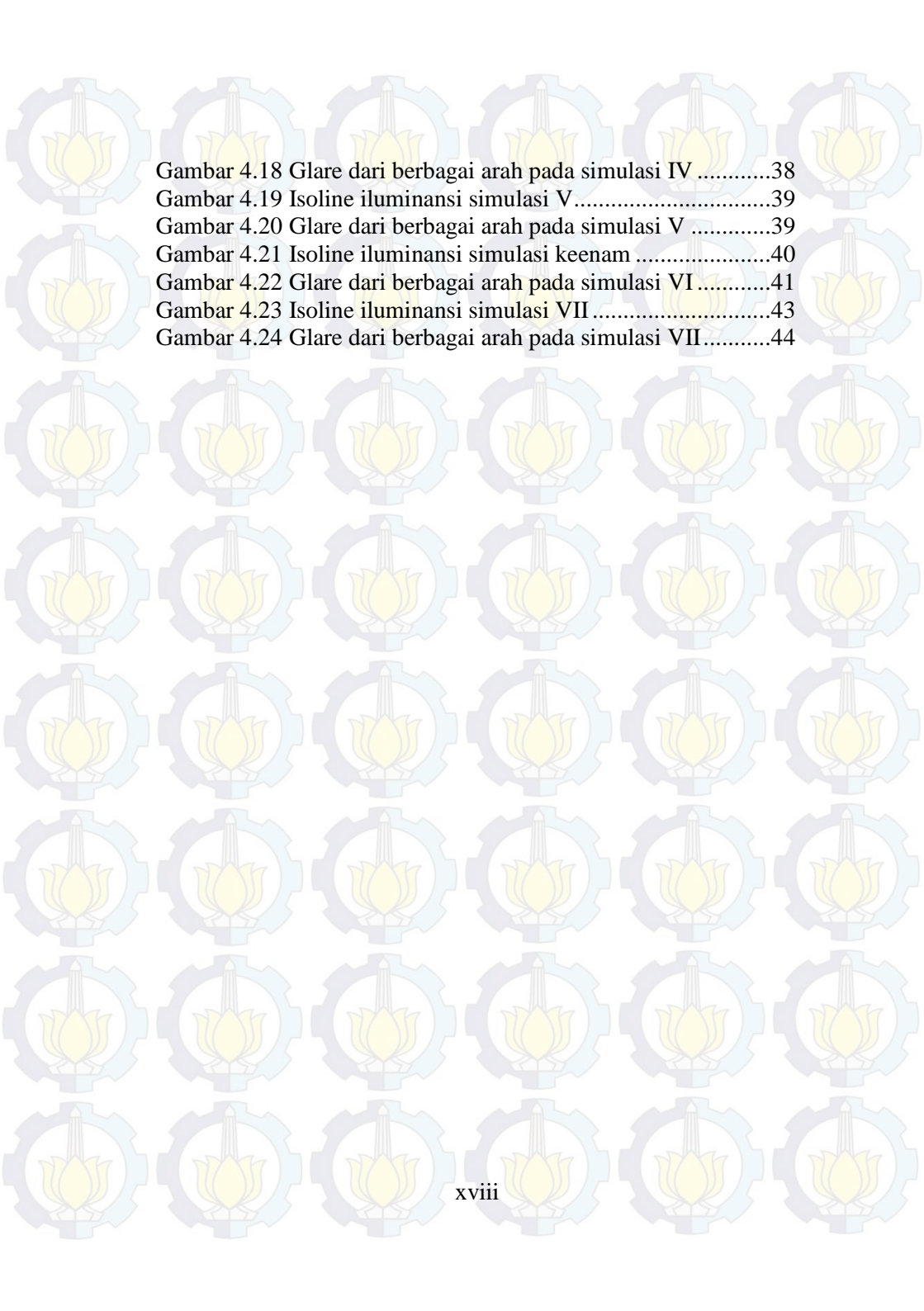
Tabel 2.1 Correlation Colour Temperature.....	10
Tabel 2.2 Colour Rendering Index	10
Tabel 4.1 Hasil pengukuran tirai terbuka.....	21
Tabel 4.2 Hasil pengukuran tirai tertutup	22
Tabel 4.3 Hasil pengukuran tirai tertutup	23
Tabel 4.4 Output Dialux simulasi I	24
Tabel 4.5 Output Dialux simulasi II	27
Tabel 4.6 Output Dialux simulasi III.....	30
Tabel 4.7 Spesifikasi luminer simulasi IV.....	33
Tabel 4.9 Output Dialux simulasi V	38
Tabel 4.10 Output Dialux simulasi VI.....	40
Tabel 4.11 Spesifikasi luminer simulasi VII.....	42
Tabel 4.12 Hasil simulasi VII.....	42
Tabel 4.13 Hasil keseluruhan simulasi	44



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	3
Gambar 2.2 Sumber cahaya mengenai suatu permukaan.....	4
Gambar 2.3 Lingkaran dan Bola.....	5
Gambar 2.4 Diagram polar sumber cahaya	6
Gambar 2.5 Iluminansi berbanding jarak	7
Gambar 2.6 Cahaya datang tidak pada garis normal.....	7
Gambar 2.7 Lampu <i>Fluorescent</i>	11
Gambar 2.8 Bare batten.....	12
Gambar 2.9 <i>Opal white diffuser</i>	12
Gambar 2.10 <i>Prismatic diffuser</i>	13
Gambar 2.11 VDT.....	13
Gambar 2.12 Contoh ULOR dan DLOR	14
Gambar 3.1 Lux meter yang digunakan dalam pengukuran	17
Gambar 3.2 Denah ruang ICU	18
Gambar 3.4 Titik pengukuran ruangan I.....	19
Gambar 3.5 Pengukuran angka reflektansi	20
Gambar 4.1 Isoline kuat pencahayaan simulasi I.....	25
Gambar 4.2 Kuat pencahayaan di suatu titik simulasi I.....	25
Gambar 4.3 Isoline simulasi pertama tirai terbuka	26
Gambar 4.4 Glare dari berbagai arah pada simulasi I.....	27
Gambar 4.5 Isoline kuat pencahayaan simulasi II	28
Gambar 4.6 Kuat pencahayaan di suatu titik simulasi II.....	28
Gambar 4.7 Isoline simulasi kedua tirai terbuka.....	29
Gambar 4.8 Glare dari berbagai macam arah simulasi II.....	30
Gambar 4.9 Isoline simulasi III	31
Gambar 4.10 Kuat pencahayaan di suatu titik simulasi III	31
Gambar 4.11 Isoline simulasi ketiga tirai terbuka	32
Gambar 4.12 Glare dari berbagai arah pada simulasi ketiga.....	33
Gambar 4.13 3D Rendering ruang ICU simulasi IV	34
Gambar 4.14 Isoline kuat pencahayaan simulasi IV	34
Gambar 4.15 Kuat pencahayaan di satu titik luminer atap	35
Gambar 4.16 Kuat pencahayaan di satu titik luminer dinding	36
Gambar 4.17 Isoline simulasi keempat tirai terbuka.....	37



Gambar 4.18 Glare dari berbagai arah pada simulasi IV	38
Gambar 4.19 Isoline iluminansi simulasi V	39
Gambar 4.20 Glare dari berbagai arah pada simulasi V	39
Gambar 4.21 Isoline iluminansi simulasi keenam	40
Gambar 4.22 Glare dari berbagai arah pada simulasi VI	41
Gambar 4.23 Isoline iluminansi simulasi VII	43
Gambar 4.24 Glare dari berbagai arah pada simulasi VII	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pencahayaan buatan digunakan sebagai pengganti pencahayaan alami dari matahari berfungsi untuk mendukung segala aktivitas yang dilakukan di dalam ruangan. Perancangan sistem pencahayaan buatan dimaksudkan untuk memberikan penerangan terhadap benda-benda yang merupakan obyek kerja, peralatan, proses produksi, maupun lingkungan kerja. Kualitas penerangan yang tidak memadai dapat berakibat buruk pada fungsi penglihatan hingga pada aspek psikologis berupa rasa kurang nyaman, kurang kewaspadaan, bahkan kecelakaan kerja.^[1]

Kualitas pencahayaan dalam ruangan dapat diketahui dengan menghitung kuat pencahayaan rata-rata, tingkat kesilauan dan mengetahui U_0 . Kuat pencahayaan rata-rata minimum yang harus dihasilkan oleh sistem pencahayaan buatan adalah sebesar 300 lux. Sedangkan indeks kesilauan maksimal yang diperbolehkan adalah sebesar 19.^[2] U_0 adalah keseragaman (*uniformity*) distribusi kuat pencahayaan. Keseragaman dapat diketahui dengan membandingkan nilai iluminansi terkecil dengan iluminansi rata-rata. Untuk ruangan dengan aktivitas seragam, keseragaman minimum yang harus dicapai adalah 0,6.^[3]

Sistem pencahayaan pada instalasi rawat intensif harus sesuai untuk berbagai aktivitas kerja yang dilakukan untuk menangani pasien. Kuat pencahayaan dalam ruangan tersebut juga dituntut untuk dapat berubah dengan cepat sesuai dengan kebutuhan ketika terjadi keadaan darurat.^[4] Terdapat keluhan dari pasien berupa pencahayaan yang terlalu kuat dan menyilaukan, sehingga kurang nyaman ketika sedang dalam keadaan beristirahat.

1.2 Rumusan Masalah

Kuat pencahayaan rata-rata merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas pencahayaan dalam suatu ruangan. Perancangan sistem pencahayaan dalam ruangan

mempengaruhi besarnya kuat pencahayaan yang dihasilkan. Dengan demikian, rumusan masalah yang ingin diteliti adalah:

1. Apakah sistem pencahayaan buatan pada ruang ICU RSUD Haji Surabaya telah memenuhi standar?
2. Bagaimana cara merancang sistem pencahayaan agar penghuni merasa nyaman?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas sistem pencahayaan buatan di ruang ICU RSUD Haji Surabaya, dan merancang sistem pencahayaan buatan yang nyaman bagi penghuni.

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

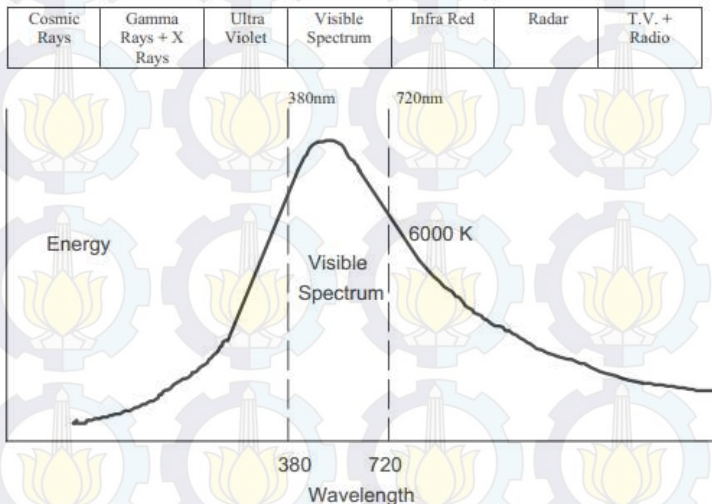
1. Pengambilan data kuat pencahayaan dilakukan di ruang rawat intensif RSUD Haji Surabaya.
2. Pengambilan data menggunakan luxmeter Lutron Light Meter LX-103.
3. Tinggi tirai pembatas antar kamar pasien diasumsikan hingga pada atap.
4. Masing-masing ruangan diasumsikan memiliki dimensi yang sama.

Perancangan dilakukan dengan penggantian lampu dan armatur.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Cahaya

Cahaya adalah bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik. Cahaya merambat dengan radiasi melalui ruangan dengan jarak yang tak terbatas. Cahaya dapat di transmisikan, dipantulkan dan diserap oleh suatu objek. *Visible Spectrum* adalah sebagian kecil dari spektrum gelombang elektromagnetik. Sumber utama dari pencahayaan alami adalah matahari, yang memiliki temperatur inti sebesar 10.000.000 K dan temperatur permukaan 6.000 K. Pada temperatur permukaan inilah yang menghasilkan tingkatan energi dengan frekuensi yang berbeda pada spektrum gelombang elektromagnetik. Gambar 2.1 menunjukkan grafik energi yang ditransmisikan oleh permukaan matahari dengan suhu 6.000 K. *Visible spectrum* berada pada rentang panjang gelombang 380 nm hingga 720 nm. ^[5]

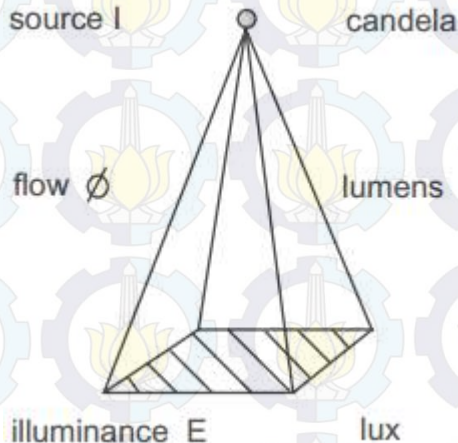


Gambar 2.1 Spektrum Gelombang Elektromagnetik^[6]

2.2 Teori Cahaya

2.2.1 Iluminansi

Cahaya dapat dibagi menjadi empat, yaitu sumber cahaya, flux cahaya, kuat pencahayaan (iluminansi), dan kecerahan (luminansi).^[6]

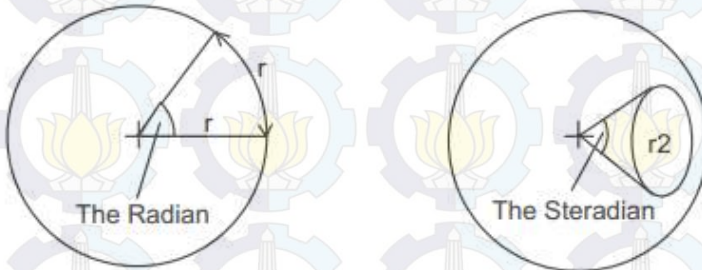


Gambar 2.2 Sumber cahaya mengenai suatu permukaan

- Sumber cahaya
Sumbercahaya memiliki intensitas cahaya dengan satuan candela.
- Flux Cahaya
Cahaya yang merambat dikenal dengan flux cahaya. Satuan flux cahaya adalah lumen.
- Iluminansi
Cahaya yang mengenai suatu permukaan disebut iluminansi. Iluminansi diukur dengan satuan lumen per meter persegi (lux).
- Luminansi
Luminansi dihasilkan dari cahaya yang meninggalkan suatu permukaan yang telah dikenai sumber cahaya. Luminansi diukur dalam Apostilb. Luminansi biasa dikenal sebagai kecerahan suatu permukaan.
 $1 \text{ cd/m}^2 = 3,14 \text{ Apostilb} = 3,14 \text{ Lm/m}^2$

2.2.2 Hubungan Candela dan Lumen

Candela didefinisikan sebagai intensitas cahaya dari sumber titik di tengah bola dengan jari-jari sebesar 1 meter yang menghasilkan kuat pencahayaan sebesar 1 lux pada permukaan dalam bola.^[6]



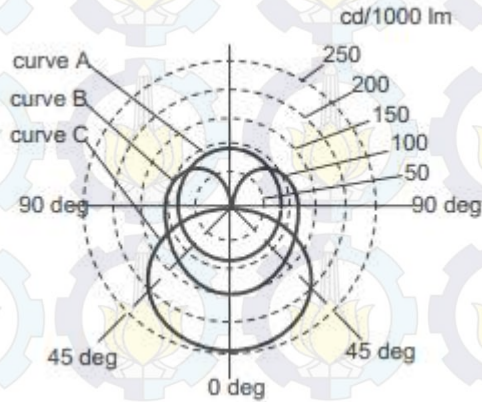
Gambar 2.3 Lingkaran dan Bola

2π radian untuk lingkaran dan 4π radian untuk bola. Jari-jari bola ditentukan sebesar 1 meter, dengan intensitas sumber cahaya titik sebesar 1 candela pada pusat bola. Luas permukaan bola adalah $4\pi r^2$. Untuk jari-jari 1 meter maka luas permukaan bola adalah 4π . Sumber cahaya harus menghasilkan 4π lumen agar iluminansi rata-rata permukaannya sebesar 1 lumen/m². Jadi, lampu dengan Intensitas 1 candela menghasilkan flux cahaya sebesar 4π .

$$I = \frac{\phi}{4\pi}$$

2.2.3 Diagram Polar

Sumber cahaya jarang memiliki output yang simetris. Cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya disebut intensitas cahaya. Secara teori, jika suatu sumber cahaya memiliki output yang simetris, maka akan mengeluarkan intensitas cahaya yang sama pada segala arah, seperti pada kurva A yang ditunjukkan oleh gambar di bawah.



Gambar 2.4 Diagram polar sumber cahaya

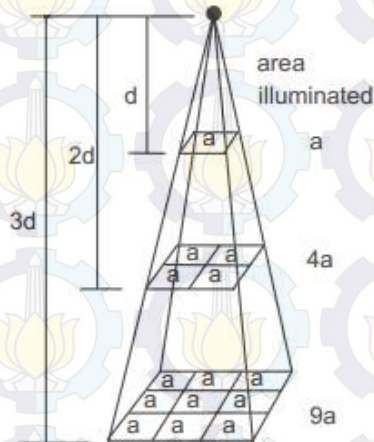
Namun, pada output yang sebenarnya, lampu tanpa luminer mengeluarkan intensitas cahaya sesuai dengan kurva B. Jika luminer/reflektor digunakan, maka lampu memiliki intensitas cahaya seperti pada kurva C. Diagram polar digunakan untuk memilih luminer dan menentukan jarak yang sesuai berdasarkan pada kuat pencahayaan yang dihasilkan di bidang kerja. Selain itu, diagram polar berfungsi sebagai informasi tentang intensitas cahaya pada arah tertentu yang digunakan untuk melakukan perhitungan.^[6]

2.3 Hukum tentang Cahaya

2.3.1 Inverse Square Law

Pada gambar 2.5, luas area yang dikenai cahaya meningkat dengan bertambahnya jarak dari sumber cahaya, sehingga iluminansi rata-rata berkurang dengan rasio yang sama. *Inverse Square Law* menyatakan bahwa iluminansi berkurang seperempatnya ketika jaraknya lebih jauh dua kali dari sumber cahaya.^[6]

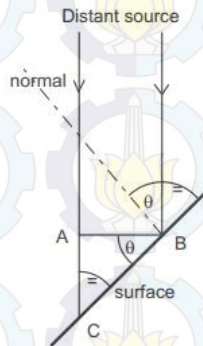
$$E = \frac{I}{d^2}$$



Gambar 2.5 Iluminansi berbanding jarak

2.3.2 Cosine Law

Ketika cahaya tidak mengenai permukaan pada garis normalnya, maka permukaan yang terkena akan bertambah dan iluminansi rata-rata berkurang.



Gambar 2.6 Cahaya datang tidak pada garis normal

Pada gambar 2.6, cahaya mengenai permukaan AB dan BC, dan θ adalah sudut diantara sudut cahaya datang dengan garis

normal. [6] Oleh karena itu, iluminansi rata-rata pada permukaan tersebut dapat ditentukan dengan rumus:

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta}{d^2}$$

2.4 Glare

Silau terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya. Sumber silau yang paling umum adalah kecerahan yang berlebihan dari armatur dan jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan. Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat, dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan.

- *Disability Glare*

Disability glare ini kebanyakan terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh diatas luminansi obyek yang dilihat. Oleh karenanya terjadi penghamburan cahaya di dalam mata dan perubahan adaptasi sehingga dapat menyebabkan pengurangan kontras obyek. Pengurangan kontras ini cukup dapat membuat beberapa detail penting menjadi tidak terlihat sehingga kinerja tugas visual juga akan terpengaruh. Sumber *disability glare* di dalam ruangan yang paling sering dijumpai adalah cahaya matahari langsung atau langit yang terlihat melalui jendela, sehingga jendela perlu diberi alat pengendali/pencegah silau (*screening device*).

- *Discomfort glare*

Ketidaknyamanan penglihatan terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh diatas luminansi elemen interior lainnya. Respon ketidaknyamanan ini dapat terjadi segera, tetapi adakalanya baru dirasakan setelah mata terpapar pada sumber silau tersebut dalam waktu yang lebih lama. Tingkatan ketidaknyamanan ini tergantung pada luminansi dan ukuran sumber silau, luminansi latar

belakang, dan posisi sumber silau terhadap medan penglihatan. *Discomfort glare* akan makin besar jika suatu sumber mempunyai luminansi yang tinggi, ukuran yang luas, luminansi latar belakang yang rendah dan posisi yang dekat dengan garis penglihatan. Perlu diperhatikan bahwa variabel perancangan sistem tata cahaya dapat merubah lebih dari satu faktor. Sebagai contoh, penggantian armatur untuk mengurangi luminansi ternyata juga akan menurunkan luminansi latar belakang. Namun demikian, sebagai petunjuk umum, *discomfort glare* dapat dicegah dengan pemilihan armatur dan peletakkannya, dan dengan penggunaan nilai reflektansi permukaan yang tinggi untuk langit-langit dan dinding bagian atas.^[7]

Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai indeks kesilauan di dalam ruangan.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

Keterangan:

L_s : luminansi sumber

L_b : luminansi latar belakang

ω : sudut antara pengamat dan sumber cahaya

P : indeks posisi

Indeks P adalah perbandingan antara luminansi aktual sumber cahaya dengan luminansi sumber cahaya pada garis pandang pengamat.^[8]

2.5 Lampu dan Luminer

Cahaya yang keluar dari lampu dinyatakan dalam lumen/watt, yang disebut dengan efikasi. Efikasi menyatakan energi yang digunakan oleh lampu. Efikasi yang rendah menunjukkan penggunaan energi yang rendah dan emisi yang rendah pada lingkungan. Setiap lampu memiliki warna temperatur yang menyatakan kesan warna cahaya yang diemisikan. Secara umum, kesan warna *warm* didapat pada kuat pencahayaan di

bawah 300 lux dengan warna temperatur di bawah 3300 K. Berikut ini adalah tabel temperatrut warna.^[6]

Tabel 2.1 *Correlation Colour Temperature*

CCT Class	
Warm	Below 3300 K
Intermediate	3300 K to 5300 K
Cool	Above 5300 K

Warna cahaya yang dihasilkan oleh lampu bergantung pada CIE (*Colour Rendering Index*). Rendering warna menunjukkan kemampuan lampu untuk memancarkan warna yang tepat sesuai dengan warna asli suatu permukaan. Tampilan warna dari suatu permukaan dipengaruhi oleh komposisi *spectral* dari sinar lampu yang datang. Jika sebuah lampu mengeluarkan cahaya yang tidak mengandung warna merah, maka permukaan berwarna merah akan berubah seolah tidak berwarna merah ketika disinari oleh lampu tersebut. Berikut ini adalah tabel *Colour Rendering Index*.^[6]

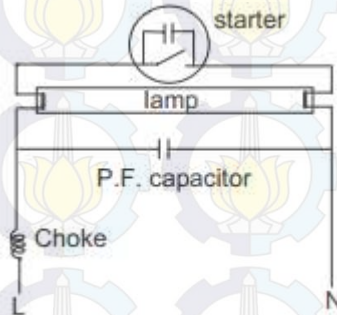
Tabel 2.2 *Colour Rendering Index*

Colour rendering group	C.I.E. Colour Rendering Index (Ra)
1A	Ra = 90
1B	90 = Ra = 80
2	80 = Ra = 60
3	60 = Ra = 40
4	40 = Ra = 20

2.5.1 Lampu Fluorescent

Fluorescent lamp atau di Indonesia lebih dikenal dengan sebutan lampu TL dan tidak jarang kita juga mendengar sebagai lampu neon. Lampu *fluorescent* pada dasarnya adalah sebuah *low pressure* merkuri lampu lucutan gas dengan permukaan bagian dalam tabung dilapisi dengan debit campuran senyawa neon - yang disebut fosfor- yang mengkonversi ultraviolet yang tak

terlihat radiasi yang dipancarkan oleh debit merkuri ke terlihat radiasi. Dengan berbagai fosfor tersedia, lampu yang tersedia dalam berbagai warna dan rendering warna, dan sebagian besar digunakan untuk penerangan umum.



Gambar 2.7 Lampu *Fluorescent*

Lampu *fluorescent* memberikan pencahayaan yang baik dalam hal kebenaran warna, relatif murah, energi lebih efisien, dan memiliki kehidupan lebih lama daripada lampu pijar. Namun, karena bentuknya memanjang, lampu *fluorescent* tidak dapat menghasilkan sinar cahaya terkonsentrasi. Lampu jenis ini termasuk dalam kategori Lampu Hemat Energi (LHE) dengan faktor utamanya yaitu intensitas cahaya yang dikeluarkan lebih tinggi daripada lampu pijar (*Incandescent lamp*) dalam hitungan watt yang sama. Bidang pencahayaan lebih luas dibanding dengan lampu pijar ataupun halogen. Lampu *fluorescent* memiliki efikasi 40-105 lumens/watt dengan pemakaian 6.000-12.000 jam. Sedangkan *Colour rendering* dan *colour temperature* lampu *fluorescent* bergantung pada warnanya, karena lampu tersebut tersedia dalam berbagai warna.^[6]

2.5.2 Jenis Jenis Luminer

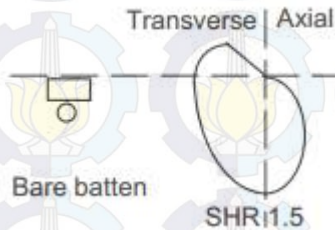
Luminer berfungsi untuk mendukung, melindungi, menghubungkan lampu dengan listrik, dan mengendalikan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu. Luminer dikalsifikasikan berdasarkan:

1. Tingkat perlindungan terhadap kejutan listrik.

2. Desain material permukaan luminer.
3. Tingkat perlindungan terhadap debu dan embun atau kelembapan.

Secara umum pemilihan luminer didasarkan pada adanya *reflector*, *diffuser*, ataupun *louver*. Berikut ini merupakan jenis-jenis luminer yang digunakan untuk lampu *fluorescent*.

a. *Bare Batten*

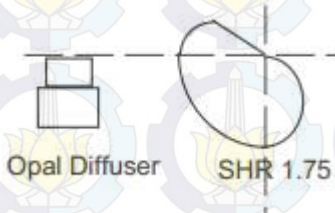


Gambar 2.8 *Bare batten*

Lumener ini digunakan jika memerlukan biaya instalasi yang relatif murah. Pada instalasi ini, kesilauan bukan faktor yang diperhitungkan.

b. *Opal white diffuser*

Lumener ini digunakan untuk mengurangi indeks kesilauan. Biaya instalasi yang diperlukan relatif kecil.



Gambar 2.9 *Opal white diffuser*

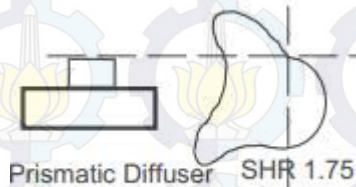
c. *Reflector*

Reflector digunakan untuk memantulkan cahaya *upward* yang dikeluarkan oleh lampu agar tidak diserap oleh atap.

d. *Prismatic diffuser*

Diffuser ini digunakan untuk membelokkan arah output cahaya sehingga jarak antar lampu dapat diatur. Dengan

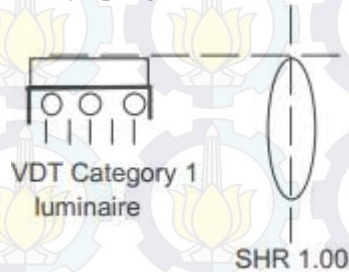
menggunakan lumener ini, jarak antar lampu dengan ketinggian memiliki rasio 1,75 : 1 hingga 2 : 1.



Gambar 2.10 *Prismatic diffuser*

e. VDT

VDT digunakan untuk lumener dengan kecerahan yang rendah dan perlunya pengendalian silau.



Gambar 2.11 VDT

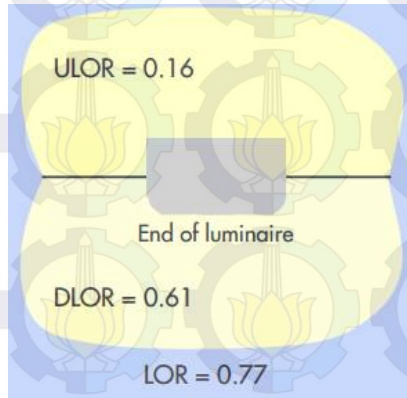
Berikut ini merupakan hal yang diperhatikan dalam pemilihan lumener.

- *Light Output Ratio (LOR)*

LOR merupakan perbandingan antara total output lumener dengan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu.

- *Downward Light Output Ratio*

DLOR adalah perbandingan antara total output lumener di bawah garis horizontal dengan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu.



Gambar 2.12 Contoh ULOR dan DLOR^[9]

- *Upward Light Output Ratio*
ULOR adalah perbandingan antara total output lumener di atas garis horizontal dengan intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu.
- *Downward flux fraction*
Rasio antara DLOR dengan LOR dari lumener.
- *Space height ratio*
Perbandingan jarak antar lampu dengan ketinggian yang direkomendasikan berdasarkan dimensi ruangan untuk mencapai distribusi kuat pencahayaan yang seragam pada bidang kerja.
- *Luminous intensity distribution*
Distribusi ini menunjukkan intensitas cahaya yang dihasilkan sesuai dengan arah pandang dari pengamat. Informasi distribusi intensitas pencahayaan terdapat pada diagram polar.
- *Utilisation factor*
UF menyatakan besarnya kuat pencahayaan yang sampai pada bidang kerja. Hal itu bergantung pada distribusi cahaya yang dihasilkan oleh lumener, LOR, bentuk

ruangan, tinggi lumener, tinggi bidang kerja, dan reflektansi permukaan.





(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Meteran
- Spidol
- *Lux meter*

Berikut ini adalah spesifikasi lux meter yang digunakan dalam pengambilan data.



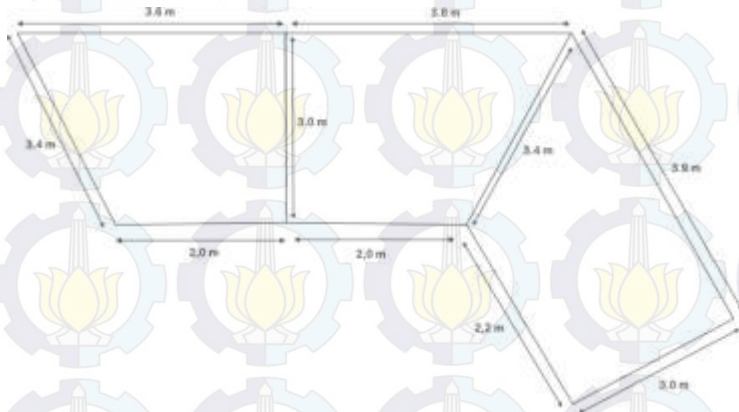
Gambar 3.1 Lux meter yang digunakan dalam pengukuran

- Type : Lutron Light Meter LX-103.
- Display : 13 mm (0.5") LCD, 3 1/2 digits.
- Measurement : 0 - 50,000 Lux, 3 ranges.
- Sensor : The exclusive photo diode & color correction filter, spectrum meet.
- Operating temperature : 0 to 50 (32 to 122).
- Operating humidity : Max. 80% RH
- Weight : 195 g/0.43 LB (including battery)
- Main instrument : 131 x 70 x 25 mm.
- Sensor probe : 82 x 55 x 7 mm

3.2 Metodologi

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengambilan data di ruang ICU.

1. Mengukur dimensi ruang ICU (panjang, lebar, tinggi) dan menghitung luasnya. Dimensi ruang ICU adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Denah ruang ICU

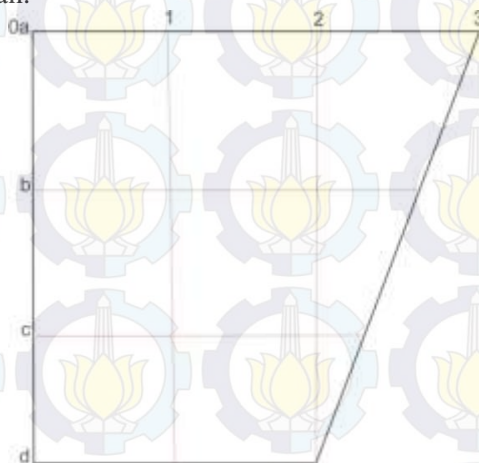
Pada ruang ICU hanya terdapat satu buah *bed* dan sebuah sumber cahaya buatan dengan tinggi 2,05 meter dari bidang kerja. Terdapat tirai berwarna krem sebagai pembatas antar ruang pasien satu dengan yang lainnya. Di belakang ruang terdapat jendela kaca dengan dimensi 108x210 cm.

2. Menentukan tinggi bidang kerja (*work plane*). Bidang kerja setinggi 65 cm, didasarkan pada tinggi tempat tidur pasien sebagai penghuni tetap ruangan.
3. Menentukan titik ukur dengan spidol.
4. Mengukur kuat pencahayaan masing-masing titik sebanyak tiga kali dengan lux meter. Lux meter dihadapkan tegak lurus terhadap bidang kerja.



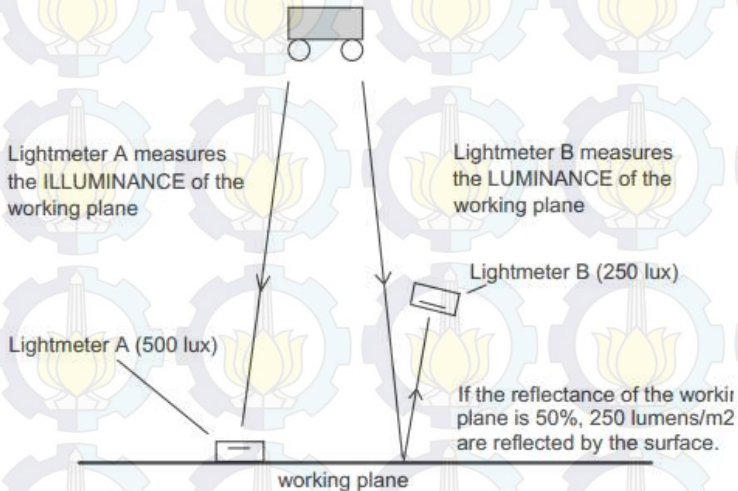
Gambar 3.3 Ruang ICU RSU Haji Surabaya

5. Mencatat kuat pencahayaan di masing-masing titik pengukuran.



Gambar 3.4 Titik pengukuran ruangan I

6. Mengukur reflektansi tirai, dinding, dan lantai dengan lux meter. Pengukuran dilakukan dengan mengukur kuat pencahayaan sumber yang jatuh pada permukaan dinding, tirai dan lantai, dan mengukur kuat pencahayaan yang dipantulkan oleh dinding, tirai dan lantai (luminansi). Luminansi diukur dengan meletakkan lux meter dengan jarak 2 inch dari permukaan diukur. Angka reflektansi masing-masing permukaan dapat diketahui dengan membagi luminansi permukaan dengan kuat pencahayaan pada permukaan yang sama.^[10]



Gambar 3.5 Pengukuran angka reflektansi^[6]

7. Mengulang langkah 1-6 pada ruang yang sama dengan kondisi tirai terbuka.
8. Mengulang langkah 1-6 pada ruang yang berbeda dengan kondisi tirai tertutup.
9. Menghitung kuat pencahayaan rata-rata.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Untuk menentukan kuat pencahayaan rata-rata digunakan persamaan berikut.

$$E_{ave} = \frac{\sum_{x=1}^n E_x}{n}$$

Sedangkan untuk menentukan nilai keseragaman digunakan persamaan berikut.

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{ave}}$$

Berikut ini merupakan hasil pengukuran tingkat pencahayaan dengan kondisi ruangan tirai terbuka.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tirai terbuka

Kordinat		I	II	III	Rata-rata
0	a	200	195	202	199
0	b	398	398	374	390
0	c	406	397	390	398
0	d	275	266	265	269
1	a	244	243	241	243
1	b	404	396	404	401
1	c	402	398	400	400
1	d	273	275	251	266
2	a	194	183	182	186
2	b	308	316	314	313
2	c	335	328	343	335
2	d	250	261	258	256
Kuat pencahayaan rat-rata					305
Keseragaman					0,6

Pada ruang dengan tirai terbuka didapatkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 305 lux. Nilai tersebut telah memenuhi standar, namun dalam pelaksanaannya, jika terdapat pasien, maka tirai ditutup. Dengan ruang ICU yang sama, pengambilan data dilakukan dengan kondisi yang berbeda, yaitu dengan tirai tertutup. Berikut ini merupakan hasil pengukuran tingkat pencahayaan dengan kondisi ruangan tirai tertutup.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran tirai tertutup

Kordinat	I	II	III	Rata-rata
0 a	210	197	188	198
0 b	340	345	342	342
0 c	365	361	353	360
0 d	249	226	241	239
1 a	235	237	233	235
1 b	368	362	351	360
1 c	374	371	370	372
1 d	263	257	269	263
2 a	187	188	177	184
2 b	272	272	280	275
2 c	307	303	301	304
2 d	223	224	224	224
Kuat pencahayaan rat-rata				280
Keseragaman				0,6

Pada ruang tertutup didapatkan nilai kuat pencahayaan rata-rata sebesar 280 lux. Nilai tersebut berada di bawah standar. Untuk memvalidasi data yang didapatkan dilakukan pengukuran dengan kondisi tirai tertutup pada ruang yang berbeda. Berikut ini merupakan hasil pengukuran dengan tirai tertutup pada ruang yang berbeda.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran tirai tertutup

Koordinat		I	II	III	Rata-rata
1	4	174	180	176	177
1	3	247	245	244	245
2	4	268	250	255	258
2	3	375	373	380	376
2	2	356	372	365	364
2	1	235	226	230	230
3	4	271	269	260	267
3	3	405	399	398	401
3	2	381	385	393	386
3	1	241	235	235	237
4	4	258	240	264	254
4	3	343	323	342	336
4	2	303	288	297	296
4	1	193	194	206	198
Kuat pencahayaan rata-rata					287
Keseseragaman					0,6

Nilai kuat pencahayaan rata-rata dengan kondisi tirai tertutup tersebut dijadikan sebagai acuan desain sistem pencahayaan buatan karena tidak memenuhi standar kuat pencahayaan rata-rata sebesar 300 lux.

Untuk menindaklanjuti keluhan silau yang dirasakan, dilakukan perhitungan indeks kesilauan pada ruang ICU. Indeks kesilauan maksimum yang diijinkan adalah sebesar 19. Berikut ini perhitungan indeks kesilauan.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos \theta} = \frac{320.9,5}{1,56.0,3 \cdot \cos 23^\circ} = 7061 \frac{cd}{m^2}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{1,56 \cdot 0,3 \cdot \cos 23^\circ}{2,33^2} = 0,079 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{\text{ceiling}}}{\pi} = \frac{173}{\pi} = 55,1 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$g = 0,9 \frac{7061^{1,6} \cdot 0,079^{0,8}}{55,1 \cdot 13,1^{1,6}} = 50,5$$

$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot g = 14$$

Glare index yang dihasilkan sebesar 14. Nilai tersebut tidak melebihi kriteria maksimum yang diperbolehkan, namun, karena terdapat keluhan tentang kesilauan, maka desain sistem pencahayaan harus memiliki indeks kesilauan di bawah 14.

4.2 Simulasi

Simulasi dilakukan dengan mengganti luminer tanpa mengubah warna dinding, tirai, lantai dan atap ruangan ICU.

4.2.1 Simulasi Pertama

Pada simulasi pertama dilakukan penggantian luminer menjadi lampu TL dengan daya 28 watt yang berjumlah dua buah. Berikut ini merupakan spesifikasi luminer yang digunakan pada simulasi pertama.

Tipe : Philips TBS415 2xTL5-28W HFP C6

Flux lampu : 5200 lumen

Flux luminer: 3536 lumen

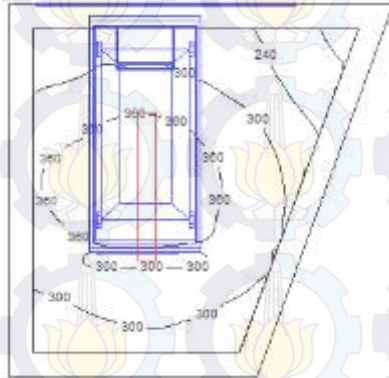
Daya : 62 watt

Kuat pencahayaan rata-rata yang dihasilkan mencapai 327 lux pada bidang kerja dan nilai keseragaman sebesar 0,5.

Tabel 4.4 Output Dialux simulasi I

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	327	447	150	0,5

Hasil simulasi dengan luminer tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Isoline kuat pencahayaan simulasi I

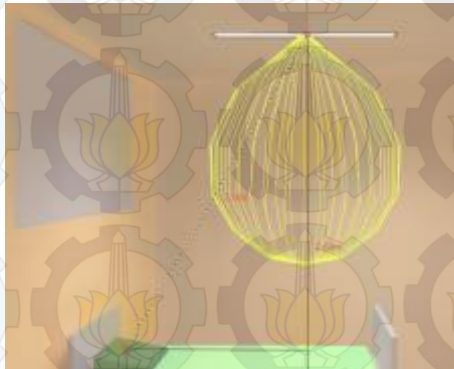
$$E = \frac{I \cdot \cos \theta}{d^2}$$

$$I = \frac{\Phi \cdot \Phi_{total}}{1000} = \frac{350.5208}{1000} = 1823$$

$$\theta = 23^\circ$$

$$E = \frac{1823 \cdot \cos 23^\circ}{2,45^2}$$

$$E = 279 \text{ Lux}$$



Gambar 4.2 Kuat pencahayaan di suatu titik simulasi I

Selain kuat pencahayaan rata-rata, kenyamanan pasien dipengaruhi oleh kesilauan. Kesilauan yang diijinkan sesuai dengan standar adalah 19. Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan oleh simulasi di atas.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos\theta} = \frac{350.5,2}{1,2.0,15 \cdot \cos 23^\circ} = 10990 \frac{cd}{m^2}$$

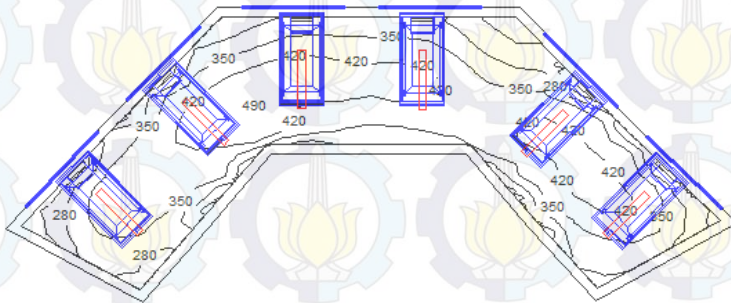
$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{1,2.0,15 \cdot \cos 23^\circ}{2,45^2} = 0,028 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{ceiling}}{\pi} = \frac{102}{\pi} = 32,5 \frac{cd}{m^2}$$

$$g = 0.9 \frac{10990^{1.6} 0,028^{0.8}}{32,5 \cdot 13,1^{1.6}} = 74,7$$

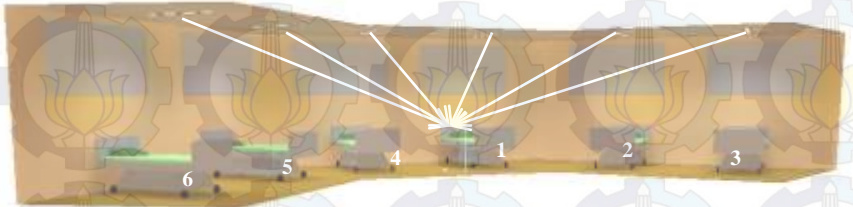
$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot g = 15,3$$

Berikut ini hasil simulasi pertama dengan kondisi tirai terbuka. Terdapat enam buah *bed* pasien dan enam buah luminer yang sama.



Gambar 4.3 *Isoline* simulasi pertama tirai terbuka

Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan oleh simulasi di atas.



Gambar 4.4 Glare dari berbagai arah pada simulasi I

Pada *bed* 1 dan 4 didapatkan indeks kesilauan sebagai berikut:

$$Glare Index = 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6)$$

$$Glare Index = 15,32$$

Pada *bed* 2 dan 5 didapatkan indeks kesilauan sebesar **15,32**. Pada *bed* 3 dan 6 didapatkan indeks kesilauan sebesar **15,32**.

4.2.2 Simulasi Kedua

Simulasi kedua menggunakan sebuah lumener dengan spesifikasi berikut.

Tipe : Philips TBS460 2xTL5-28W HFP D8

Flux lampu : 5200 lumen

Flux lumener: 4056 lumen

Daya : 62 watt

Dengan lumener tersebut, kuat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja yang dihasilkan sebesar 356 lux dan keseragaman sebesar 0,5.

Tabel 4.5 Output Dialux simulasi II

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	356	439	185	0,5

Berikut ini merupakan hasil simulasi kedua pada *software* Dialux.

Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan oleh simulasi di atas.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos\theta} = \frac{380.5,2}{1,18.0,3 \cdot \cos 23^\circ} = 6067 \frac{cd}{m^2}$$

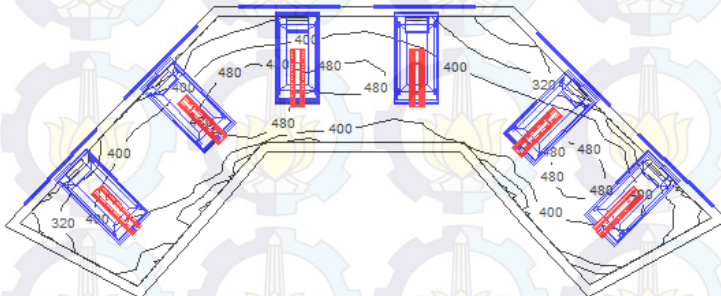
$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{1,18.0,3 \cdot \cos 23^\circ}{2,33^2} = 0,06 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{ceiling}}{\pi} = \frac{116}{\pi} = 36,9 \frac{cd}{m^2}$$

$$g = 0.9 \frac{60670,06^{0.8}}{36,9 \cdot 13,1^{1.6}} = 47,2$$

$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot g = 13,7$$

Berikut ini hasil simulasi kedua dengan kondisi tirai terbuka. Terdapat enam buah *bed* pasien dan enam buah luminer yang sama.



Gambar 4.7 Isoline simulasi kedua tirai terbuka

Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan oleh simulasi di atas.



Gambar 4.8 Glare dari berbagai macam arah simulasi II

Pada *bed* 1 dan 4 didapatkan indeks kesilauan sebesar **13,74**. Pada *bed* 2 dan 5 didapatkan indeks kesilauan sebesar **13,74**. Pada *bed* 3 dan 6 didapatkan indeks kesilauan sebesar **13,74**.

4.2.3 Simulasi Ketiga

Simulasi ketiga menggunakan sebuah lumener dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Type : Philips TBS262 4xTL5-24W P
- Flux lampu : 7000 lumen
- Flux lumener: 4130 lumen
- Daya : 105 watt

Dengan lumener tersebut, kuat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja yang dihasilkan sebesar 353 lux dan keseragaman sebesar 0,6. Berikut ini merupakan hasil simulasi ketiga.

Tabel 4.6 Output Dialux simulasi III

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	353	449	206	0,6

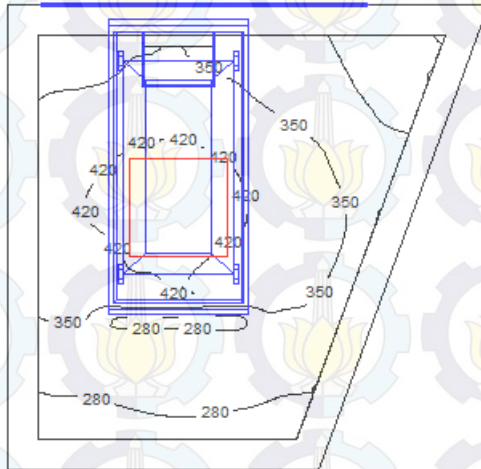
$$E = \frac{I \cdot \cos \theta}{d^2}$$

$$I = \frac{\Phi \cdot \Phi_{total}}{1000} = \frac{250 \cdot 7000}{1000} = 1750$$

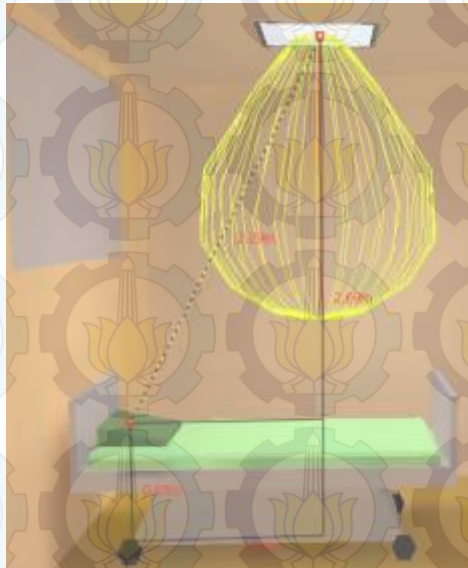
$$\theta = 21^\circ$$

$$E = \frac{1750 \cdot \cos 21^\circ}{2,29^2}$$

$$E = 310 \text{ Lux}$$



Gambar 4.9 *Isoline* simulasi III



Gambar 4.10 Kuat pencahayaan di suatu titik simulasi III

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos\theta} = \frac{250.7}{0,62 \cdot 0,62 \cdot \cos 21^\circ} = 4895 \frac{cd}{m^2}$$

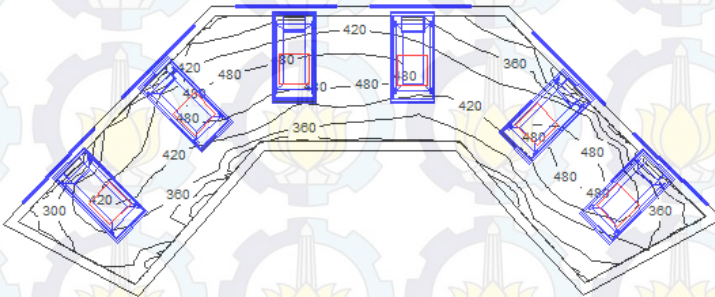
$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{0,62 \cdot 0,62 \cdot \cos 21^\circ}{2,29^2} = 0,068 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{ceiling}}{\pi} = \frac{127}{\pi} = 40,45 \frac{cd}{m^2}$$

$$g = 0,9 \frac{4895^{1,6} \cdot 0,068^{0,8}}{40,45 \cdot 13,1^{1,6}} = 33,9$$

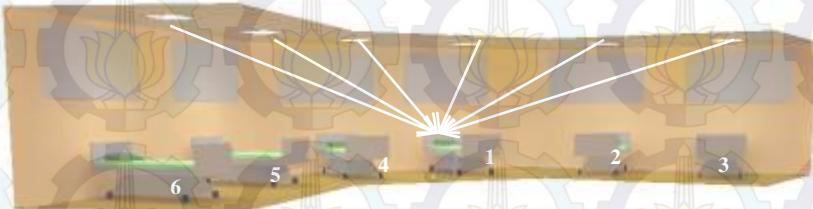
$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot g = 12,3$$

Berikut ini hasil simulasi ketiga dengan kondisi tirai terbuka. Terdapat enam buah *bed* pasien dan enam buah luminer yang sama.



Gambar 4.11 *Isoline* simulasi ketiga tirai terbuka

Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan oleh simulasi di atas.



Gambar 4.12 Glare dari berbagai arah pada simulasi ketiga

Pada *bed* 1 dan 4 didapatkan indeks kesilauan sebesar **13,08**. Pada *bed* 2 dan 5 didapatkan indeks kesilauan sebesar **13,14**. Pada *bed* 3 dan 6 didapatkan indeks kesilauan sebesar **12,32**.

4.2.4 Simulasi Keempat

Simulasi keempat menggunakan dua buah luminer yang diletakkan di atas tempat tidur pasien dan di atas jendela atau pada dinding yang membelakangi pasien. Kedua luminer tersebut dapat digunakan sesuai kebutuhan. Berikut ini merupakan spesifikasi dari luminer yang digunakan.

Tabel 4.7 Spesifikasi luminer simulasi IV

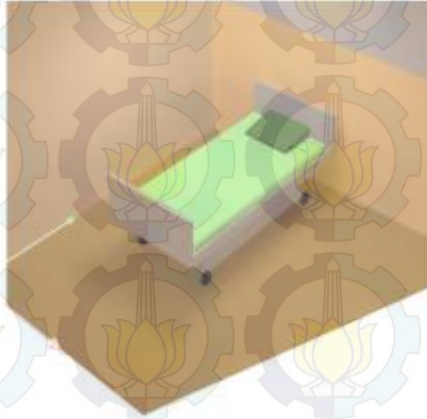
Jenis	Flux lampu	Flux Luminer	Daya
Philips TBS260 3xTL5-24W HFP M2	5250 lm	3412 lm	80 W
Philips TWS462 1xTL5-14W HFP PCO	1200 lm	816 lm	17 W

Kuat pencahayaan rata-rata yang dihasilkan pada bidang kerja sebesar 318 Lux dan nilai keseragaman sebesar 0,6.

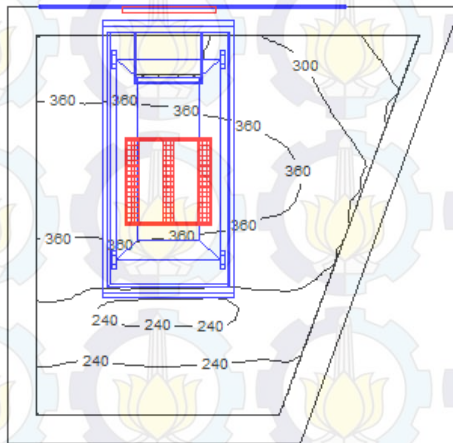
Tabel 4.8 Output Dialux simulasi IV

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	318	406	189	0,6

Hasil simulasi dengan luminer tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.13 3D Rendering ruang ICU simulasi IV



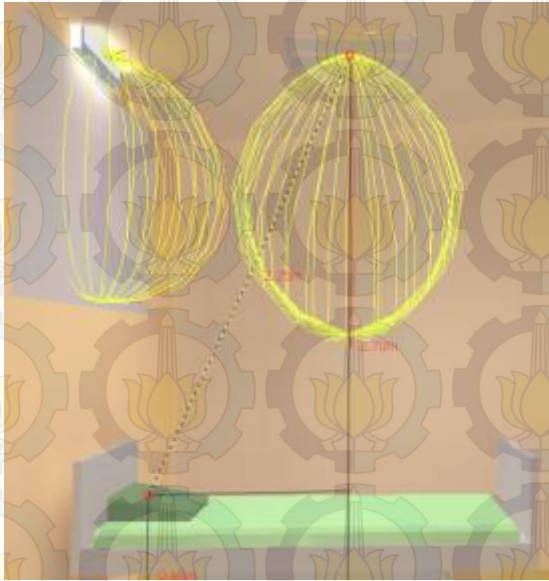
Gambar 4.14 Isoline kuat pencahayaan simulasi IV

Berikut ini merupakan nilai kuat pencahayaan pada suatu titik yang dipengaruhi oleh luminer Philips TBS260 3xTL5-24W HFP M2.

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta}{d^2}$$

$$I = \frac{\Phi \cdot \Phi_{total}}{1000} = \frac{260.5250}{1000} = 1365$$

$$\theta = 18^\circ$$



Gambar 4.15 Kuat pencahayaan di satu titik lumener atap

$$E_1 = \frac{1365 \cdot \cos 18^\circ}{2,25^2}$$

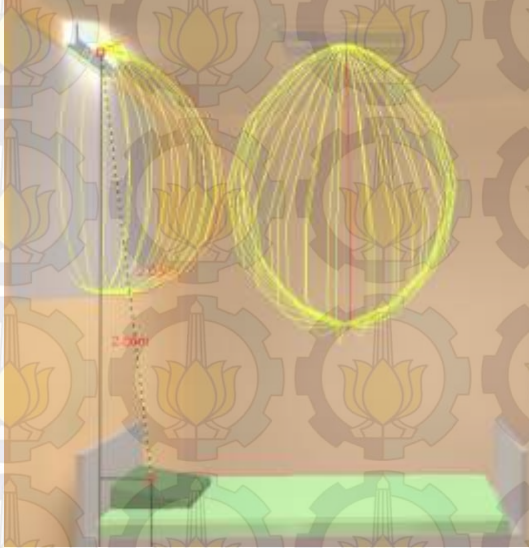
$$E_1 = 256 \text{ Lux}$$

Berikut ini merupakan nilai kuat pencahayaan suatu titik yang dipengaruhi oleh lumener Philips TBS260 3xTL5-24W HFP M2.

$$E = \frac{I \cdot \cos \theta}{d^2}$$

$$I = \frac{\Phi \cdot \Phi_{total}}{1000} = \frac{105.1200}{1000} = 126$$

$$\theta = 5^\circ$$



Gambar 4.16 Kuat pencahayaan di satu titik lumener dinding

$$E_2 = \frac{126 \cdot \cos 5^\circ}{2,02^2}$$

$$E_2 = 30 \text{ Lux}$$

$$E_{total} = 256 + 30 = 286 \text{ Lux}$$

Kesilauan pada simulasi ini hanya dipengaruhi oleh lumener Philips TBS260 3xTL5-24W HFP M2, karena berada di depan pasien, sedangkan lumener kedua berada di belakang pasien. Untuk menghitung nilai indeks kesilauan digunakan persamaan berikut.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos\theta} = \frac{260,5,25}{0,6,0,6 \cdot \cos 18^\circ} = 3991 \frac{cd}{m^2}$$

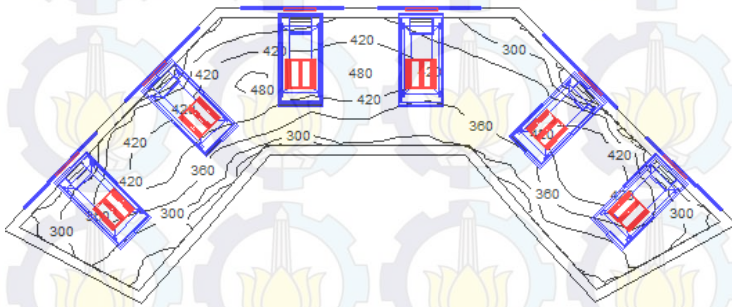
$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{0,6,0,6 \cdot \cos 18^\circ}{2,25^2} = 0,068 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{ceiling}}{\pi} = \frac{158}{\pi} = 50,32 \frac{cd}{m^2}$$

$$g = 0,9 \frac{3991^{1,6} \cdot 0,068^{0,8}}{50,32 \cdot 13,1^{1,6}} = 19,5$$

$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot g = 9,9$$

Berikut ini merupakan simulasi keempat dengan kondisi tirai terbuka. Terdapat enam *bed* dan 6 buah lumener pada dinding dan 6 buah lumener pada atap.



Gambar 4.17 *Isoline* simulasi keempat tirai terbuka

Glare yang dihasilkan dipengaruhi oleh lumener yang ada pada atap dan lumener yang ada pada dinding. Berikut ini merupakan *glare index* yang dihasilkan oleh sistem pencahayaan pada simulasi keempat.



Gambar 4.18 *Glare* dari berbagai arah pada simulasi IV

Glare index pada *bed* 1 dan 4 didapatkan dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Glare Index} &= 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 \\ &\quad + g_8 + g_9 + g_{10}) \\ \text{Glare Index} &= \mathbf{10,94} \end{aligned}$$

Glare index pada *bed* 2 dan *bed* 5 sebesar **10,80**. Sedangkan *Glare index* pada *bed* 3 dan 6 sebesar **10,27**.

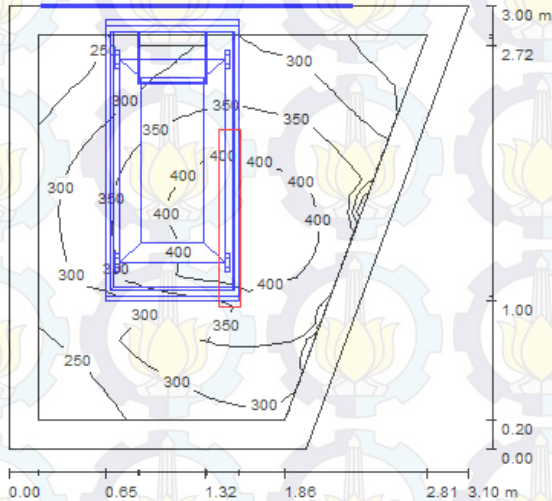
4.2.5 Simulasi Kelima

Pada simulasi kelima menggunakan lumener yang sama dengan lumener pada simulasi pertama, namun dengan posisi peletakan yang berbeda. Berikut ini merupakan hasil dari simulasi.

Tabel 4.9 Output Dialux simulasi V

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	332	429	205	0,6

Berbeda dengan simulasi pertama, dengan mengganti posisi lumener, diperoleh keseragaman yang sesuai dengan standar. Sedangkan *glare index* yang dihasilkan sama dengan simulasi pertama, yaitu sebesar **15,3**. Berikut ini nilai indeks kesilauan yang dihasilkan ruang terbuka.



Gambar 4.19 *Isoline* iluminansi simulasi V



Gambar 4.20 *Glare* dari berbagai arah pada simulasi V

Pada *bed* 1 dan 4 didapatkan indeks kesilauan sebagai berikut:

$$Glare Index = 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6)$$

$$Glare Index = 15,32$$

Pada *bed* 2 dan 5 didapatkan indeks kesilauan sebesar 15,32. Pada *bed* 3 dan 6 didapatkan indeks kesilauan sebesar 15,32.

4.2.6 Simulasi Keenam

Pada simulasi keenam menggunakan dua buah luminer dengan masing-masing luminer menggunakan tiga buah lampu

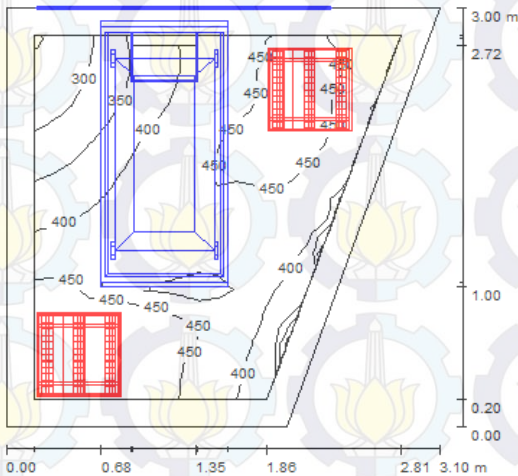
TL 14 watt. Berikut ini merupakan spesifikasi luminer yang digunakan.

Tipe : Philips TBS460 3xTL5-14W HFP D8
 Flux lampu : 3600 lumen
 Flux luminer: 2844 lumen
 Daya : 48 watt

Dengan kedua luminer tersebut, sistem pencahayaan menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 418 lux. Berikut ini merupakan hasil dari simulasi keenam.

Tabel 4.10 Output Dialux simulasi VI

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	418	493	248	0,6



Gambar 4.21 Isoline iluminansi simulasi keenam.

Terdapat dua buah sumber silau dengan sudut 26^0 dan 47^0 terhadap pengamat. Berikut ini adalah *glare index* yang dihasilkan oleh kedua luminer.

$$g_1 = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos\theta} = \frac{400,3,6}{0,6,0,6 \cdot \cos 26^\circ} = 4494 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot \cos\theta}{d^2} = \frac{0,6,0,6 \cdot \cos 26^\circ}{2,3^2} = 0,061 \text{ steradian}$$

$$L_b = \frac{E_{\text{ceiling}}}{\pi} = \frac{102}{\pi} = 32,48 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$g_1 = 0,9 \frac{4494^{1,6} \cdot 0,061^{0,8}}{32,48 \cdot 16,29^{1,6}} = 23,6$$

Dengan intensitas pada arah 470 sebesar 250 cd/1000 dan jarak lumener terhadap pengamat sebesar 3,05 meter serta indeks posisi lumener 5,5 maka *glare* lumener kedua adalah sebagai berikut.

$$g_2 = 0,9 \frac{3676^{1,6} \cdot 0,026^{0,8}}{32,48 \cdot 5,5^{1,6}} = 50$$

$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2) = 15,7$$

Berikut ini merupakan *glare index* yang dihasilkan oleh sistem pencahayaan ruang terbuka pada simulasi keenam.



Gambar 4.22 *Glare* dari berbagai arah pada simulasi VI

Glare index pada *bed* 1 dan 4 didapatkan dengan persamaan berikut.

$$\text{Glare Index} = 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 + g_8 + g_9 + g_{10} + g_{11})$$

$$\text{Glare Index} = 16,71$$

Glare index pada *bed 2* dan *bed 5* sebesar **16,58**. Sedangkan *Glare index* pada *bed 3* dan *6* sebesar **15,9**.

4.2.7 Simulasi Ketujuh

Pada simulasi ketujuh menggunakan tiga buah luminer dengan peletakan dua buah luminer di belakang pasien dan satu buah luminer di depan pasien. Berikut ini merupakan spesifikasi luminer yang digunakan.

Tabel 4.11 Spesifikasi luminer simulasi VII

Jenis	Flux lampu	Flux Luminer	Daya
Philips TBS411 1xTL5-13W HFP MLO-PC	1150 lm	564 lm	16 W
Philips TWS462 1xTL5-50W HFP MLO-PC	4400 lm	2860 lm	56 W

Sistem pencahayaan ada simulasi ketujuh menghasilkan kuat pencahayaan rata-rata sebesar 291 lux dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil simulasi VII

Area	E_{ave} (lux)	E_{max} (lux)	E_{min} (lux)	U_0
Workplane	291	396	198	0,7

Sistem pencahayaan pada simulasi ketujuh memiliki kesera-gaman yang sangat baik namun tidak dapat mencapai pencahayaan rata-rata sebesar 300 lux.

Glare yang dihasilkan oleh sistem pencahayaan tersebut berasal dari luminer yang berada di depan pasien, yaitu Philips TBS411 1xTL5-13W HFP MLO-PC. Dengan demikian, *glare index* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$g = 0.9 \frac{L_s^{1.6} \omega^{0.8}}{L_b P^{1.6}}$$

$$L_s = \frac{I_\theta}{A_s \cdot \cos \theta} = \frac{130.1,15}{0,09 \cdot 0,6 \cdot \cos 44^\circ} = 3899 \frac{cd}{m^2}$$



Gambar 4.24 Glare dari berbagai arah pada simulasi VII

Glare index pada bed 1 dan 4 didapatkan dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Glare Index} &= 10 \log 0,5 \cdot (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7 \\ &\quad + g_8 + g_9 + g_{10}) \\ \text{Glare Index} &= 5,46 \end{aligned}$$

Glare index pada bed 2 dan bed 5 sebesar 5,27. Sedangkan Glare index pada bed 3 dan 6 sebesar 5,1.

Tabel 4.13 Hasil keseluruhan simulasi

Simulasi ke-	Illuminansi rata-rata (lux)	Keseragaman	Glare index
1	327	0,5	15,3
2	356	0,5	13,7
3	353	0,6	12,3
4	318	0,6	9,9
5	332	0,6	15,3
6	418	0,6	15,7
7	291	0,7	1,1

Terdapat tiga buah simulasi yang tidak memenuhi standar. Pada simulasi pertama dan kedua, sistem pencahayaan tidak mencapai keseragaman sebesar 0,6. Kuat pencahayaan terkecil terdapat pada daerah sudut ruang yang jauh dari lumener. Pada simulasi kelima menggunakan lumener yang sama dengan simulasi pertama, namun dengan posisi yang berbeda sehingga menghasilkan keseragaman yang mencapai 0,6.

Pada simulasi ketujuh menghasilkan *glare index* paling kecil karena menggunakan lumener yang menghasilkan flux lampu yang yang relatif kecil dibandingkan dengan lumener lainnya. Namun, sistem pencahayaan pada simulasi ketujuh tidak memenuhi kriteria iluminansi rata-rata sebesar 300 lux. Secara keseluruhan, simulasi terbaik dihasilkan oleh simulasi keempat. Simulasi keempat menghasilkan iluminansi rata-rata yang relatif mendekati nilai 300 lux, yaitu 318 lux dengan indeks kesilauan 9,9 dan keseragaman 0,6.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Simulasi ketiga, keempat, kelima dan keenam telah memenuhi standar desain sistem pencahayaan buatan. Simulasi ketiga menghasilkan iluminansi rata-rata sebesar 353 lux, *glare index* 12,3 dan keseragaman 0,6. Sedangkan simulasi keempat menghasilkan iluminansi rata-rata sebesar 318, keseragaman 0,6 dan *glare index* sebesar 9,9. Simulasi kelima menghasilkan iluminansi rata-rata sebesar 332, keseragaman 0,6 dan *glare index* sebesar 15,3. Simulasi keenam menghasilkan iluminansi rata-rata sebesar 418, keseragaman 0,6 dan *glare index* sebesar 15,7.
2. Hasil terbaik didapatkan dari simulasi keempat, yaitu menggunakan lumener dengan flux lampu sebesar 5250 lumen, flux lumener sebesar 3412 lumen, pada atap. Sedangkan pada dinding menggunakan lumener dengan flux lampu sebesar 1200 lumen, flux lumener sebesar 816 lumen. Sistem pencahayaan tersebut menghasilkan iluminansi rata-rata sebesar 318, keseragaman 0,6 dan *glare index* sebesar 9,9.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Mendesain sistem pencahayaan dengan kondisi ruang ICU dapat digunakan dalam berbagai keperluan (istirahat dan rawat intensif).
2. Mengkaji efisiensi energi pada sistem pencahayaan dan pengkondisian lingkungan ruang ICU.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar Nasional Indonesia (2001), *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- [2] Zumtobel Staff. (2004), *The Lighting Handbook first editon*, Zumtobel staff lighting Ltd.
- [3] <http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/people/performance/uniformity.html>, diakses pada tanggal 26 April 2014 Pukul 10.00
- [4] N.V Philips Gloeilampenfabrieken (1975), *A Handbook of Lighting Installation Design*, Lighting Design and Engineering Centre, Eindhoven.
- [5] Kresna Eka Nugraha. (2012). Perancangan Sistem Pencahayaan Lapangan Futsal *Indoor* ITS. Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
- [6] Kevin Kelly, Kevin O'Connell M.A. B.Sc.(Eng) C.Eng. *Interior Lighting Design - A Student's Guide*. MCIBSE. MIEL.
- [7] R.H. Simons, A.R. Bean. (2001). *Lighting Engineering Applied Calculation*. Red Elsevier plc Group.
- [8] CIBSE (London) (1994) *Code for Interior Lighting*.
- [9] Luciana Kristanto. (2004). *Penelitian Terhadap Kuat Penerangan dan Hubungannya dengan Angka Reflektansi Dinding*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur – Universitas Kristen Petra



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

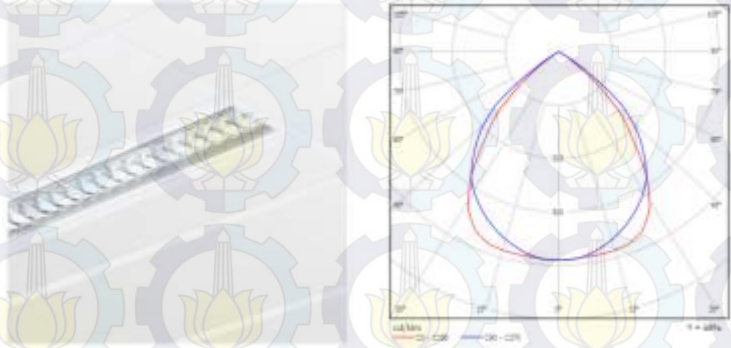
BIODATA PENULIS



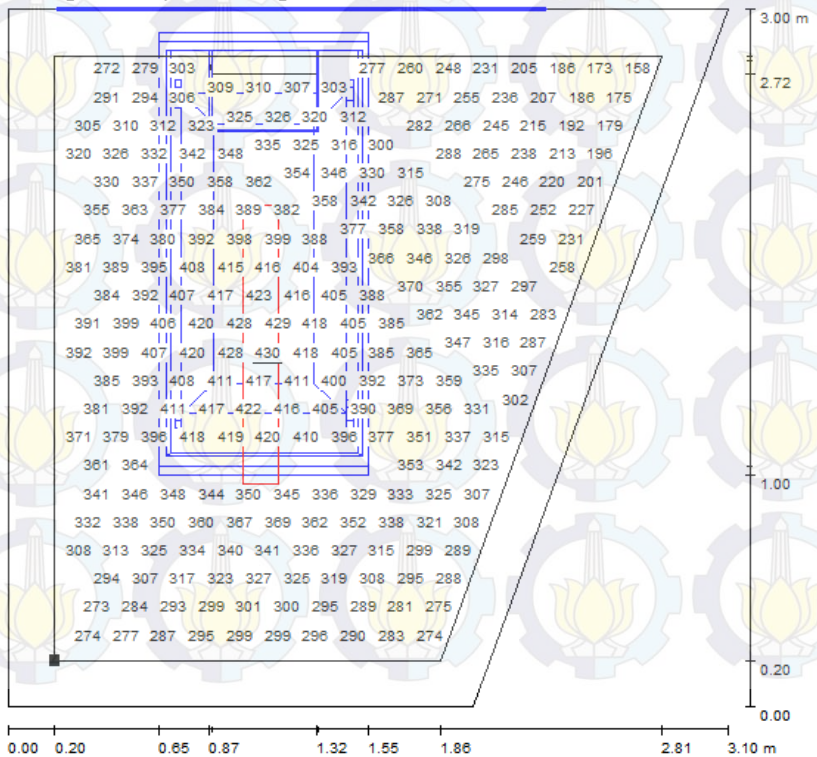
Hanang Rizki Ersa Fardana, anak pertama dari tiga bersaudara. Dilahirkan di Bojonegoro pada tanggal 30 Juni 1992 dari Ayah bernama Syaifuddin dan Ibu bernama Restuti Mulyani. Saat ini tinggal di desa Ngumpakdalem Kecamatan Dander Kabupaten Bojonegoro. Telah menyelesaikan studi di SMA Negeri 1 Bojonegoro pada tahun 2010, SMP Negeri 2 Bojonegoro pada tahun 2007 dan MIN Kepatihan Bojonegoro pada tahun 2004. Pada tahun 2013 melakukan magang di PT Gasuma Federal Indonesia dan Joint Operating Body Pertamina Petrochina East Java. Aktif di Koperasi Mahasiswa Dr. Angka ITS pada tahun 2010-2014 dan menjadi direktur utama Kopma Dr. Angka ITS pada tahun 2013. Memiliki hobi membaca dan *traveling*. Untuk diskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi hanang92@yahoo.co.id.

Lampiran

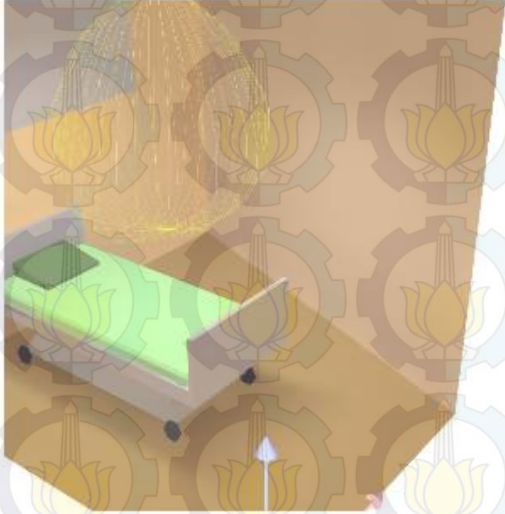
Simulasi I - Luminer



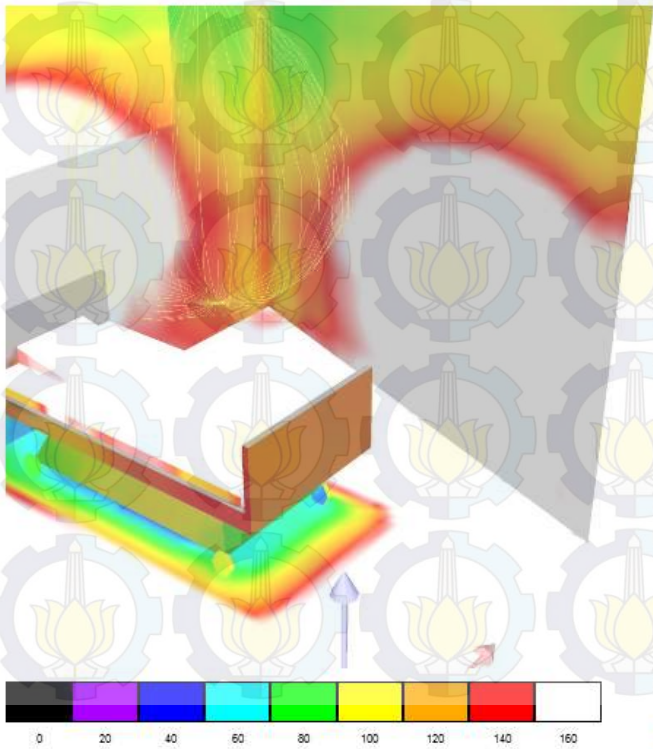
- Kuat pencahayaan setiap titik



- 3D Rendering

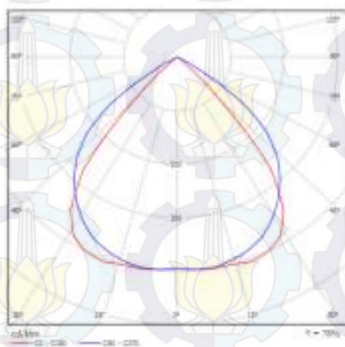
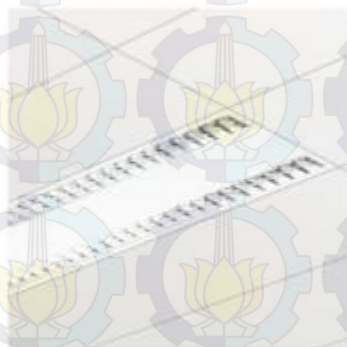


- False Colour Rendering

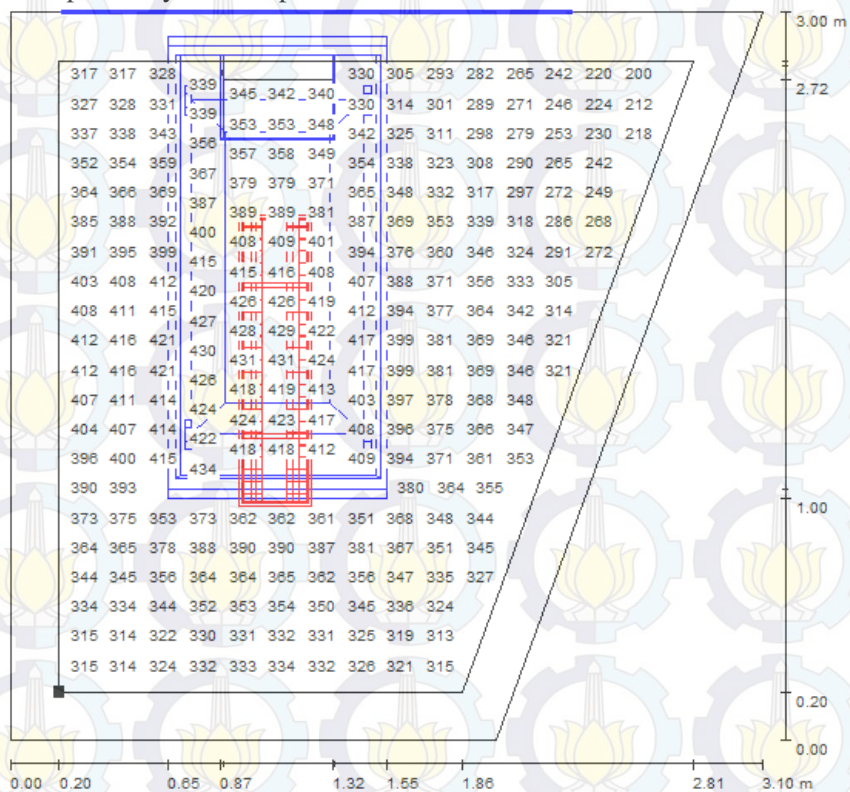


Simulasi II

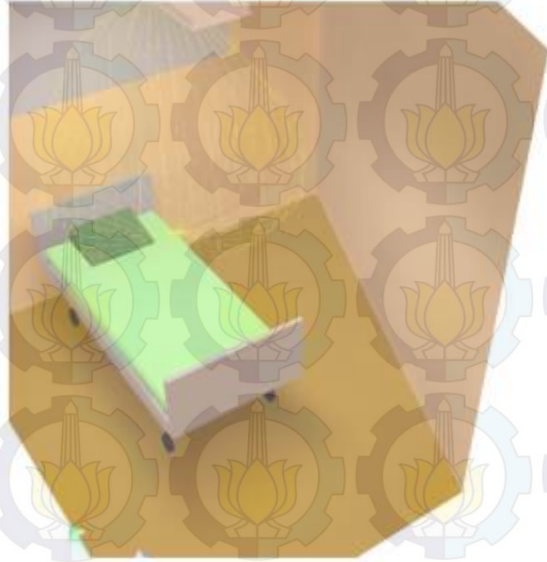
- Luminer



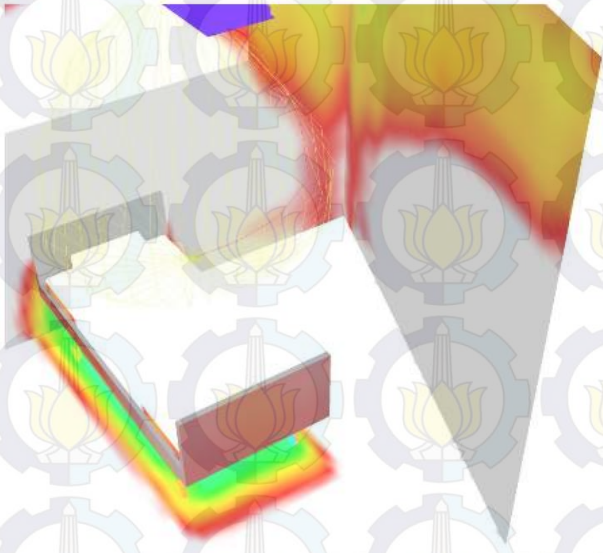
- Kuat pencahayaan setiap titik



- 3D Rendering

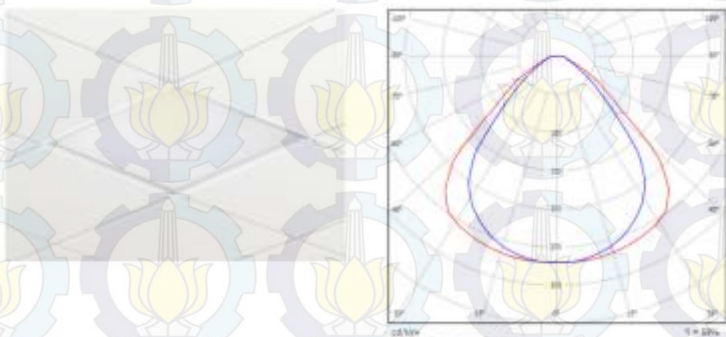


- False Colour Rendering

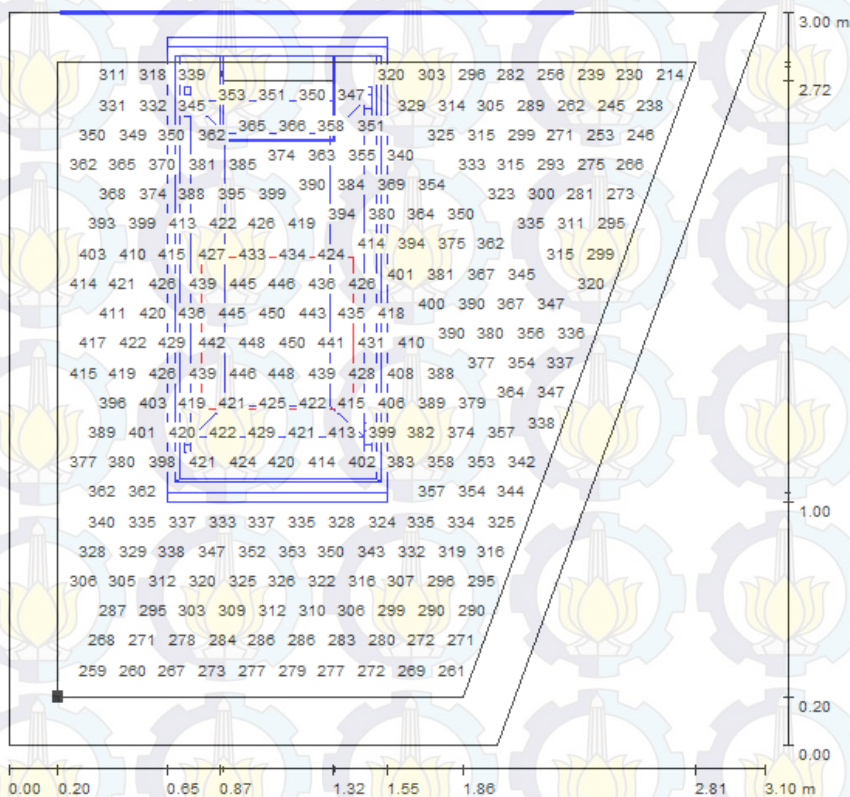


Simulasi III

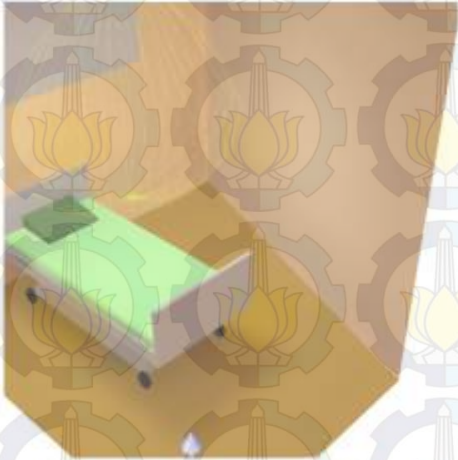
- Luminer



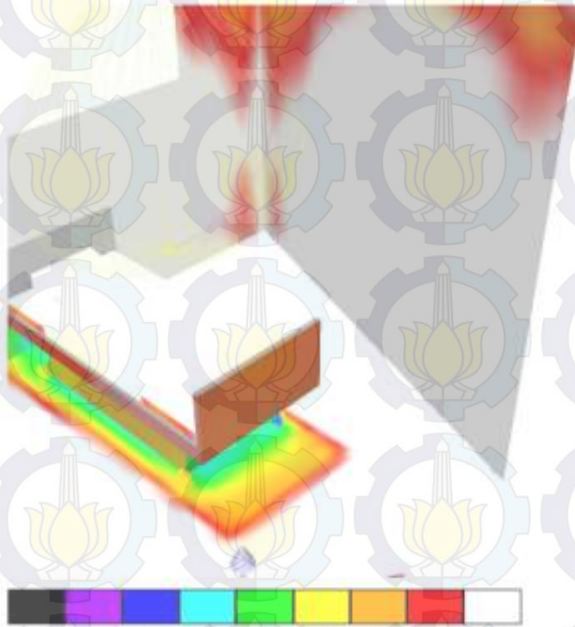
- Kuat pencahayaan setiap titik



- 3D Rendering

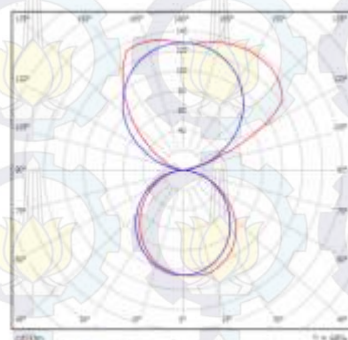
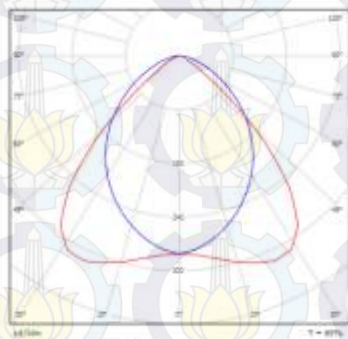
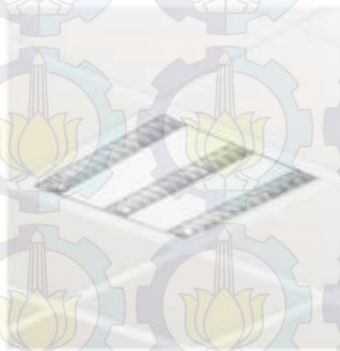


- False Colour Rendering

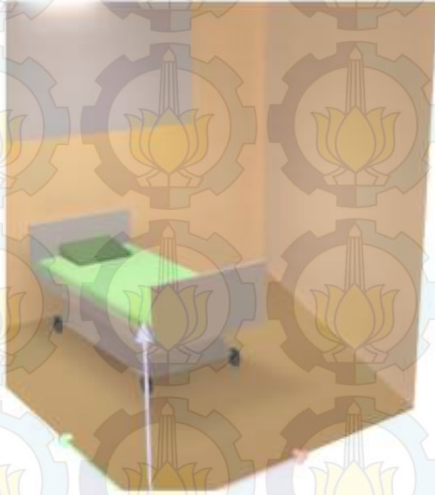


Simulasi IV

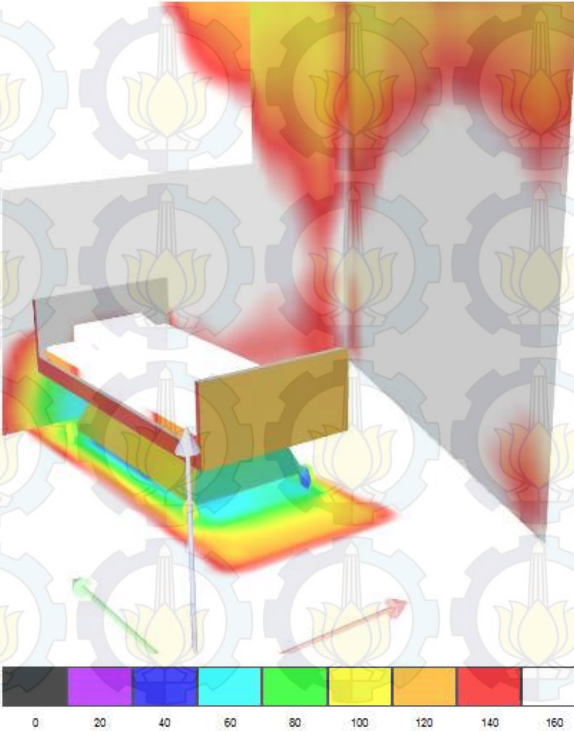
- Luminer



- 3D Rendering

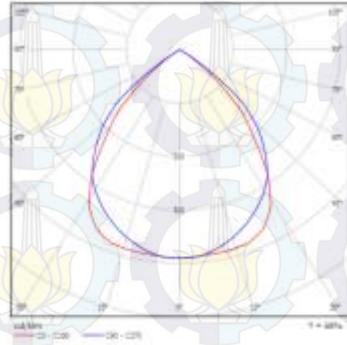


- False Colour Rendering

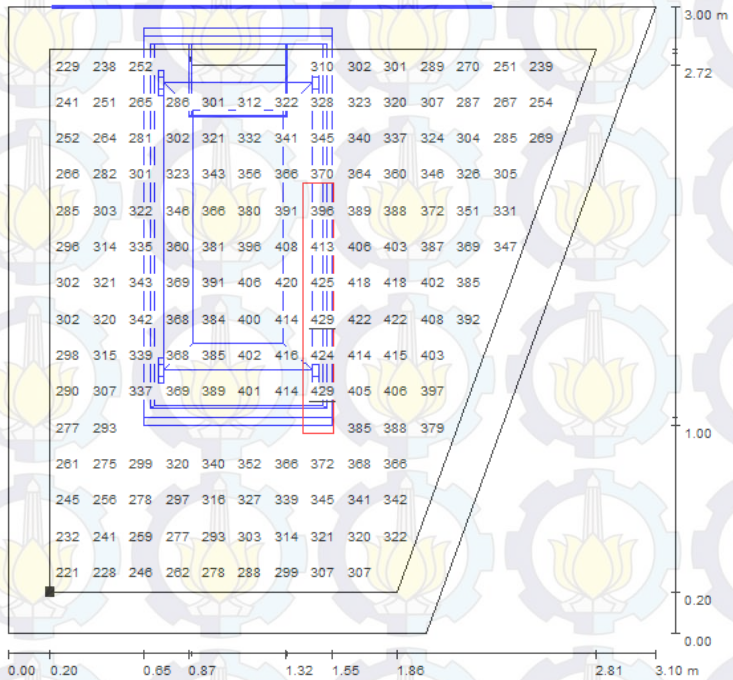


Simulasi V

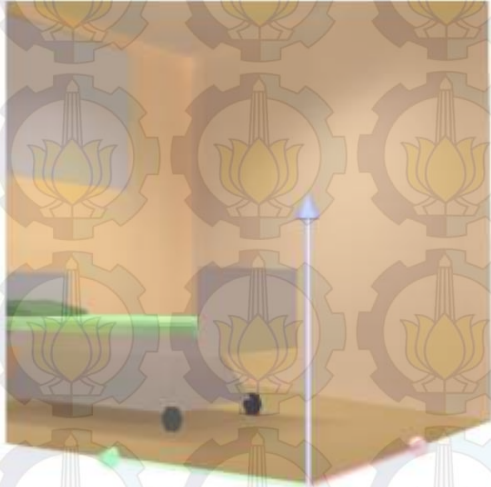
- Luminer



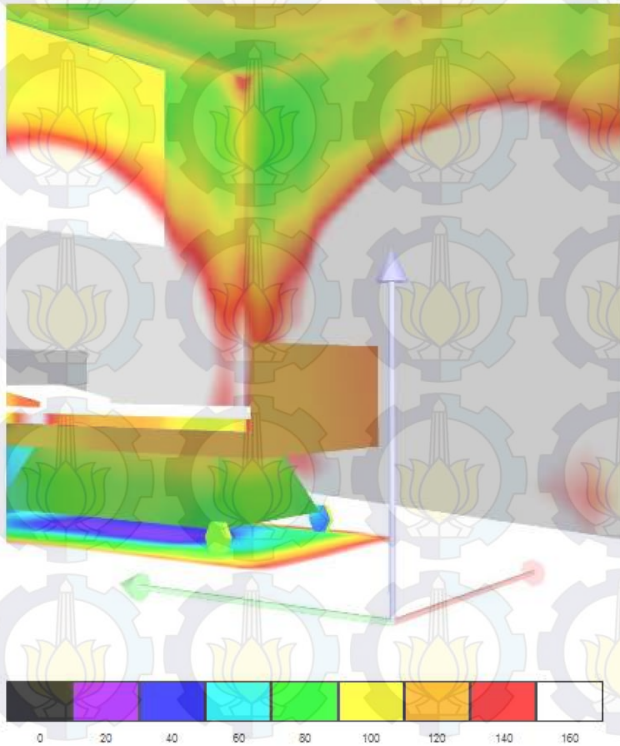
- Kuat Pencahayaan Setiap Titik



- 3D rendering

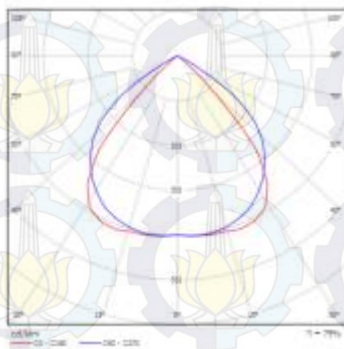
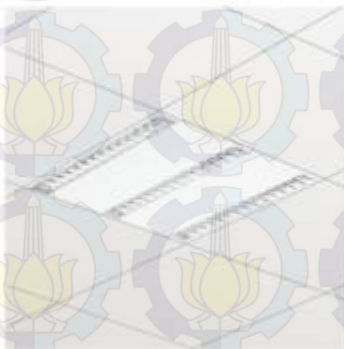


- False Colour Rendering

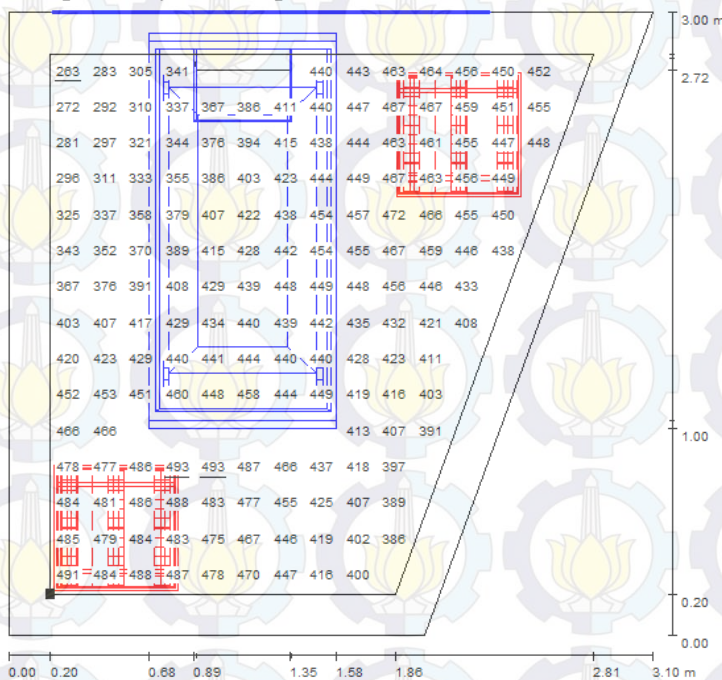


Lampiran 6

- Luminer



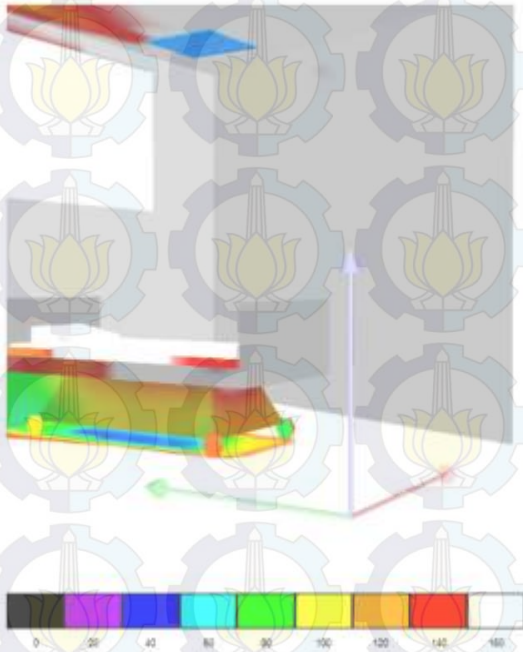
- Kuat pencahayaan setiap titik



- 3D Rendering

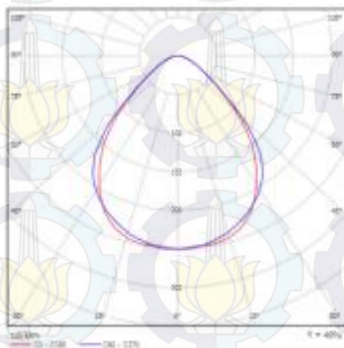


- False Colour Rendering

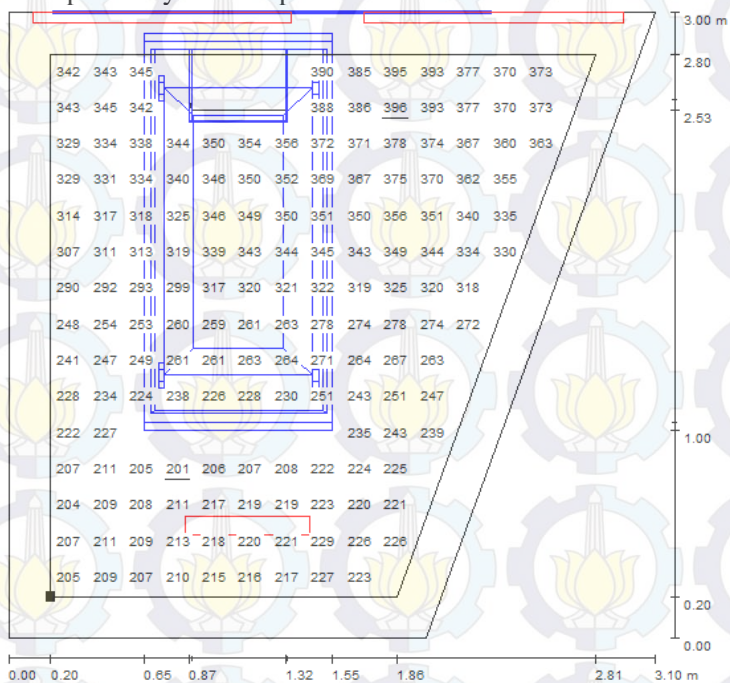


Lampiran 7

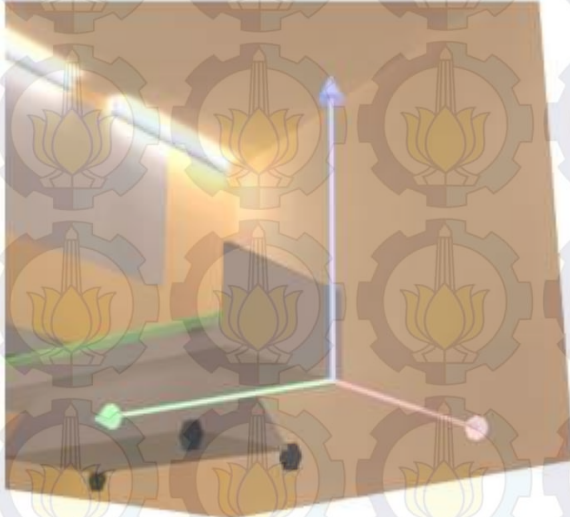
- Luminer



- Kuat pencahayaan setiap titik



- 3D Rendering



- False Colour Rendering

