



TUGAS AKHIR - TF 141581

**KUANTIFIKASI KENYAMANAN VISUAL DENGAN
DAYLIGHT FACTOR METHOD PADA RUANG BACA
TEKNIK FISIKA ITS SURABAYA**

**NIKE BESTA SARI
NRP. 2413 100 008**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Heri Joestiono, M.T.
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TF 141581

**QUANTIFICATION OF VISUAL COMFORT
WITH THE DAYLIGHT FACTOR METHODS IN
READING ROOM ENGINEERING PHYSICS ITS
SURABAYA**

*NIKE BESTA SARI
NRP. 2413 100 008*

*Supervisors :
Ir. Heri Joestiono, M.T.
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.*

*ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017*

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nike Besta Sari
NRP : 2413100008
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Kuantifikasi Kenyamanan Visual Dengan *Daylight Factor Method* Pada Ruang Baca Teknik Fisika ITS Surabaya” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Juli 2017
Yang membuat pernyataan,



Nike Besta Sari
NRP. 2413100008

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**KUANTIFIKASI KENYAMANAN VISUAL DENGAN
DAYLIGHT FACTOR METHOD PADA RUANG BACA
TEKNIK FISIKA ITS SURABAYA**

Oleh:

Nike Besta Sari
NRP. 2413 100 008

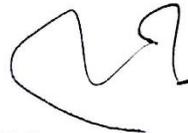
Surabaya, 10 Juli 2017

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



Ir. Heri Joestiono, M.T.
NIPN. 19531116 1980031001

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II



Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.
NIPN. 19790517 2003121002

Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 197809022003121002

“Halaman ini memang dikosongkan”

**KUANTIFIKASI KENYAMANAN VISUAL DENGAN
DAYLIGHT FACTOR METHOD PADA RUANG BACA
TEKNIK FISIKA ITS SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

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

Oleh:

NIKE BESTA SARI
NRP. 2413 100 008

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Heri Joestiono, M.T.

..... (Pembimbing I)

2. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

..... (Pembimbing II)

3. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.

..... (Penguji I)

4. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.

..... (Penguji III)

SURABAYA
10 JULI, 2017

“Halaman ini memang dikosongkan”

**KUANTIFIKASI KENYAMANAN VISUAL DENGAN
DAYLIGHT FACTOR METHOD PADA RUANG BACA
TEKNIK FISIKA ITS SURABAYA**

Nama : Nike Besta Sari
NRP : 2413 100 008
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heri Joestiono, M.T.
2. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

Abstrak

Ruang Baca Teknik Fisika ITS memiliki lubang cahaya di sisi timur dan barat yang menyebabkan cahaya matahari yang diterima oleh ruangan melebihi yang dibutuhkan oleh pengguna ruangan sehingga mengurangi kenyamanan visual pengguna ruangan. Kenyamanan visual dapat di kuantifikasikan menggunakan faktor pencahayaan alami siang hari atau *daylight factor* (DF). Tugas akhir ini melakukan evaluasi terhadap Ruang Baca Teknik Fisika ITS yang masih belum beroperasi dan memberikan rekomendasi untuk mendapatkan kenyamanan secara visual. Perhitungan DF pada beberapa titik ukur sudah sangat memenuhi syarat minimal sesuai SNI 03-2396-2001 yaitu 6% hingga 14%. Nilai DF tersebut diuji dengan melihat tingkat pencahayaan dan tingkat kesilauan ruangan yang diperoleh melalui simulasi. Dari ketiga desain yang telah dirancang yaitu menggunakan teralis, tata ruang dan pemilihan faktor reflektansi, dan perpanduan dari desain pertama dan kedua, diperoleh hasil yang sesuai yaitu pada desain kedua dengan DF melebihi 2,275% pada titik ukur utama, 0,91% pada titik ukur samping dan memiliki indeks kesilauan kurang dari 19.

Kata Kunci: *daylight factor*, faktor langit, tingkat pencahayaan, indeks kesilauan

“Halaman ini memang dikosongkan”

**QUANTIFICATION OF VISUAL COMFORT WITH THE
DAYLIGHT FACTOR METHODS IN READING ROOM
ENGINEERING PHYSICS ITS SURABAYA**

Name : *Nike Besta Sari*
NRP : *2413 100 008*
Department : *Teknik Fisika FTI-ITS*
Supervisors : *1.Ir. Heri Joestiono, M.T.*
2.Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

Abstract

The Reading Room Engineering Physics ITS has a window on the east and west sides that causes the light of sun received by the room exceed the user required, thus reducing the visual comfort of the user. Visual comfort can be quantified using daylight factor (DF). This final project, to evaluate the Reading Room Engineering Physics ITS that has not been operational and give a recommendation to get the visual comfort. The calculation of DF at some references point has been exceed the minimum requirement accordance with the SNI 03-2396-2001 between 6% until 14%. The DF values are tested by looking at the level of illumination and glare index of the room obtained through the simulation. Of the three designs that have been designed that is using trellis, spatial and the selection of reflectance of materials, and combination of the first and second design, obtained the corresponding result that is in the second design with DF more than 2.278% at the main references point, more than 0.01% at the side of references point and the glare index of less than 19.

Keywords : *daylight factor, sky component, level of illumination, glare index*

“Halaman ini memang dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **KUANTIFIKASI KENYAMANAN VISUAL DENGAN *DAYLIGHT FACTOR METHOD* PADA RUANG BACA TEKNIK FISIKA ITS SURABAYA.**

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Ir. Heri Joestiono, M.T. dan Bapak Andi Rahmadiansah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Vibrasi dan Akustik yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta kemudahan perizinan.
4. Ibu Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
5. Kedua orang tua (Ibu Harni, Bapak Totok Pujo Purnomo dan Bapak Sakur) serta saudara (Niken Ayu Angela). Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
6. Seluruh teman terdekat saya (Mima Aulia, Shinta Aprilia, Desty Ajeng, Ayu Fitriyah, Choirun Nisaa, Ira Nur, Dwi Mardika, Icha Ady), terima kasih untuk semuanya.
7. Seluruh teman – teman Departemen Teknik Fisika angkatan 2013 dan para asisten Laboratorium Rekayasa Vibrasi dan Akustik , terima kasih untuk semuanya.

8. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 10 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
<i>Little Page</i>	iii
Lembar Pengesahan I	vii
Lembar Pengesahan II	ix
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencahayaan Alami.....	5
2.2 Terminologi dalam Pencahayaan	6
2.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari	6
2.4 Titik Ukur.....	13
2.5 Persyaratan Faktor Langit Dalam Ruangan	15
2.6 Indeks Kesilauan	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Studi Literatur	24
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Perhitungan <i>Daylight Factor</i> (DF).....	28
3.4 Simulasi Tingkat Pencahayaan Bangunan dan Indeks Kesilauan Menggunakan Dialux Evo 6.2	37
3.5 Analisa Hasil Simulasi	39
3.6 Penutup.....	40
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Analisa Perhitungan <i>Daylight Factor</i>	41
4.2 Analisa Uji Pencahayaan Alami Siang Hari (<i>Daylight Factor</i>)	45

BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	61
BIODATA PENULIS.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Komponen langit	7
Gambar 2. 2	Komponen refleksi luar	8
Gambar 2. 3	Komponen refleksi dalam.....	11
Gambar 2. 4	Penentuan titik ukur, tinggi dan lebar cahaya efektif.....	13
Gambar 2. 5	Penentuan TUU dan TUS	14
Gambar 2. 6	Penjelasan mengenai jarak “d”	15
Gambar 3. 1	Diagram alir tugas akhir	23
Gambar 3. 2	Dimensi objek penelitian tampak atas	25
Gambar 3. 3	Dimensi lubang cahaya sisi timur.....	25
Gambar 3. 4	Dimensi lubang cahaya sisi barat	26
Gambar 3. 5	Pembagian lubang cahaya sisi timur.....	29
Gambar 3. 6	Posisi titik ukur lubang 1 lubang cahaya timur..	29
Gambar 3. 7	Posisi titik ukur lubang 2 lubang cahaya timur..	30
Gambar 3. 8	Posisi titik ukur lubang 3 lubang cahaya timur..	31
Gambar 3. 9	Posisi titik ukur lubang 4 lubang cahaya timur..	31
Gambar 3. 10	Lubang cahaya efektif akibat penghalang	32
Gambar 3. 11	Pembagian lubang cahaya sisi barat	32
Gambar 3. 12	Posisi titik ukur lubang 1 lubang cahaya barat ..	33
Gambar 3. 13	Posisi titik ukur lubang 2 lubang cahaya barat ..	34
Gambar 3. 14	Posisi titik ukur lubang 3 lubang cahaya barat ..	34
Gambar 3. 15	Posisi titik ukur lubang 4 lubang cahaya barat ..	35
Gambar 3. 16	Posisi titik ukur lubang 5 lubang cahaya barat ..	35
Gambar 3. 17	Posisi titik ukur lubang 6 lubang cahaya barat ..	35
Gambar 3. 18	Posisi penghalang berupa dinding bangunan lain	36
Gambar 3. 19	Desain bangunan menggunakan Dialux Evo	38
Gambar 3. 20	Penambahan teralis pada jendela sisi timur	38
Gambar 3. 21	Tata ruang untuk ruang baca.....	39
Gambar 3. 22	Perpaduan penambahan teralis dan tata ruang untuk ruang baca.....	39
Gambar 4. 1	Posisi perhitungan <i>daylight factor</i>	44

Gambar 4. 2	Simulasi distribusi tingkat pencahayaan <i>existing</i> bangunan (a) untuk kondisi <i>average sky</i> dan (b) untuk <i>clear sky</i>	48
Gambar 4. 3	Simulasi distribusi tingkat pencahayaan penambahan teralis pada jendela timur (a) untuk kondisi <i>average sky</i> dan (b) untuk <i>clear sky</i>	50
Gambar 4. 4	Simulasi distribusi tingkat pencahayaan desain tata ruang untuk ruang baca (a) untuk kondisi <i>average sky</i> dan (b) untuk <i>clear sky</i>	52
Gambar 4. 5	Simulasi distribusi tingkat pencahayaan desain tata ruang dan penambahan teralis untuk ruang baca (a) untuk kondisi <i>average sky</i> dan (b) untuk <i>clear sky</i>	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Rata-rata reflektif material bangunan	10
Tabel 2. 2	Hubungan antara koefisien C dan sudut penghalang	13
Tabel 2. 3	Nilai faktor langit untuk bangunan umum	15
Tabel 2. 4	Nilai faktor langit untuk bangunan sekolah	16
Tabel 2. 5	Nilai faktor langit bangunan tempat tinggal	16
Tabel 2. 6	Nilai indeks kesilauan maksimum (GI_{max}) untuk berbagai tugas visual dan interior	21
Tabel 3. 1	Tabel tingkat pencahayaan kondisi <i>average sky</i>	26
Tabel 3. 2	Hasil perhitungan faktor langit kondisi <i>average sky</i> melalui pengukuran	27
Tabel 3. 3	Tabel tingkat pencahayaan kondisi <i>clear sky</i>	27
Tabel 3. 4	Hasil perhitungan faktor langit kondisi <i>clear sky</i> melalui pengukuran	28
Tabel 4. 1	Hasil perhitungan faktor langit jendela sisi timur	41
Tabel 4. 2	Hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat	42
Tabel 4. 3	Hasil perhitungan faktor refleksi luar (frl)	42
Tabel 4. 4	Hasil perhitungan <i>daylight factor</i> (df)	44
Tabel 4. 5	Pengujian hasil perhitungan faktor langit sesuai pengukuran jendela sisi timur kondisi <i>average sky</i>	46
Tabel 4. 6	Pengujian hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat kondisi <i>average sky</i>	46
Tabel 4. 7	Pengujian hasil perhitungan faktor langit sesuai pengukuran jendela sisi timur kondisi <i>clear sky</i>	47
Tabel 4. 8	Pengujian hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat kondisi <i>clear sky</i>	47
Tabel 4. 9	Hasil simulasi indeks kesilauan <i>existing</i> bangun	49
Tabel 4. 10	Hasil simulasi indeks kesilauan penambahan teralis bangunan	50
Tabel 4. 11	Pemilihan warna dan reflektansi material	51
Tabel 4. 12	Hasil simulasi indeks kesilauan desain tata ruang bangunan	53
Tabel 4. 13	Hasil simulasi indeks kesilauan desain tata ruang dan penambahan teralis untuk ruang baca	55

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perpustakaan atau ruang baca adalah suatu tempat dimana orang-orang mencari ilmu dengan membaca buku. Terdapat tiga hal yang harus diperhatikan pada perancangan perpustakaan yaitu ketenangan, konsentrasi dan kontemplasi [1]. Salah satu faktor terpenting yang harus di perhatikan dalam perancangan bangunan adalah pencahayaan yang sesuai dengan standar. Kehidupan makhluk hidup di muka bumi ini tidak dapat dipisahkan dari cahaya. Cahaya berperan penting dalam penyampaian informasi visual sehingga dapat diakses oleh indera penglihatan dan kemudian disampaikan kepada otak untuk diolah menjadi sebuah keputusan [2]. Pencahayaan dalam ruangan mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni didalamnya. Dengan pencahayaan yang cukup penghuni didalamnya mampu berkonsentrasi dengan baik sehingga kesalahan dalam bekerja dapat di reduksi, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, produktivitas pekerja dalam ruangan yang cukup mampu meningkat sebesar 10 – 50 %, sedangkan pencahayaan yang kurang akan meningkatkan prosentase kesalahan dalam melakukan pekerjaan dimana tingkat kesalahan yang terjadi sebesar 30 – 60% [3].

Salah satu sumber pencahayaan dalam ruang yaitu pencahayaan alami yang berasal dari cahaya matahari. Berdasarkan letak dan kondisi Indonesia yang berada di bawah garis khatulistiwa, Indonesia memiliki keuntungan yang sangat besar yaitu potensi ketersediaan cahaya matahari stabil sepanjang tahun secara merata. Intensitas matahari di Indonesia memiliki rata-rata diatas 10.000 lux setiap jam per harinya [4]. Pencahayaan alami memanfaatkan adanya bukaan atau jendela, semakin luas bukaan maka akan semakin banyak cahaya yang masuk kedalam

ruangan. Kualitas pencahayaan alami juga dipengaruhi oleh letak bukaan terhadap arah datangnya sinar matahari [5].

Pencahayaan alami matahari dalam kepentingan visualnya bisa dirasakan dari kenyamanan kualitatif dan kuantitatifnya. Kenyamanan kualitatif adalah kualitas pencahayaan lebih bersifat fenomena subyektif yang dipengaruhi pengalaman, pengetahuan, yang interpretasi antara satu orang bisa berbeda dengan orang yang lainnya. Sedangkan kenyamanan kuantitatif adalah pencahayaan yang lebih bisa terukur misalnya dengan nilai iluminasi ruang yang cukup untuk efisiensi melakukan aktifitas. Pengkondisiannya lebih bisa diukur dengan desain fisik dimensi, posisi bukaan, luas ruang, reflektansi, dan sebagainya. Sehingga diperlukan pengukuran terhadap kualitas dan kuantitas kenyamanan dalam ruangan dengan parameter pengukuran seperti *glare index* dan tingkat iluminasi, atau dengan memakai parameter *daylight factor* [6]. *Daylight factor* merupakan perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut [7].

Daylight factor (DF) terdiri dari tiga komponen yaitu faktor langit (fl), faktor refleksi luar (frl) dan faktor refleksi dalam (frd). Faktor langit merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur [7], tetapi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jitka Mohelnikova dan Jiri Hirs pada 2016 menyebutkan bahwa faktor refleksi luar dan faktor refleksi dalam mempengaruhi tingkat pencahayaan pada siang hari. Pada saat reflektansi dinding berubah dari 0.3 menjadi 0.5, terjadi peningkatan tingkat pencahayaan pada titik ukur sebesar 2-12% [8]. Oleh karena itu perhitungan DF dibutuhkan untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencahayaan yang diperoleh suatu ruangan dan dapat melakukan pencegahan saat tingkat pencahayaan melebihi dari batas yang mampu diterima oleh mata atau bisa dikatakan ruangan terlalu silau, sehingga terjadi kenyamanan visual pada ruangan.

Salah satu institusi atau lembaga yang memiliki perpustakaan atau ruang baca adalah Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS Surabaya). ITS sendiri merupakan salah satu institut

terbesar di Indonesia, maka ruang kerja maupun ruang baca banyak ditemui di ITS. Salah satu departemen di ITS yang memiliki ruang baca adalah Departemen Teknik Fisika. Ruang baca tersebut merupakan bangunan baru yang belum beroperasi. Posisi bangunan yang berada di lantai dua dan didominasi dengan kaca pada sisi barat dan timur bangunan menimbulkan efek cahaya yang masuk pada bangunan melebihi dari standar yang ditentukan pada SNI 03-2396-2001 yaitu 300 lux untuk perpustakaan atau ruang baca [7]. Sehingga masih diperlukan evaluasi dalam perancangan awal ruang baca tersebut khususnya dalam hal pencahayaan.

Mengingat pentingnya pencahayaan khususnya pencahayaan alami pada suatu ruangan terutama di ruang baca maka pada Tugas Akhir ini penulis menghitung *Daylight Factor* (DF) pada Ruang Baca di Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang kemudian akan dibandingkan hasilnya dengan SNI 03-2396-2001 tentang pencahayaan alami. Diharapkan dengan adanya Tugas Akhir ini dapat memberikan rekomendasi kepada Departemen Teknik Fisika mengenai pencahayaan yang berada dalam ruang baca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Apakah besar *daylight factor* (DF) pada ruang baca sudah memenuhi DF minimum yang dibutuhkan sesuai SNI 03-2396-2001?
- b. Bagaimana merancang ruang baca sesuai standar SNI 03-2396-2001 untuk menciptakan kenyamanan visual?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan permasalahan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Didapatkan *daylight factor* (DF) pada ruang baca yang memenuhi DF minimum yang dibutuhkan sesuai SNI 03-2396-2001.

- b. Didapatkan rancangan ruang baca sesuai standar SNI 03-2396-2001 untuk menciptakan kenyamanan visual.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka batasan masalah dari tugas akhir ini adalah :

- a. Studi kasus pada penelitian ini dilakukan di Ruang Baca Teknik Fisika ITS Surabaya.
- b. Kenyamanan visual yang diteliti adalah kenyamanan kuantitatif.
- c. Fungsi bangunan dengan dominasi kegiatan untuk membaca dan menulis termasuk klasifikasi kualitas pencahayaan tipe B pada SNI 03-2396-2001.
- d. Nilai indeks kesilauan dilakukan dengan bantuan *Software Dialux Evo 6.2*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan Alami adalah cahaya alami yang diterima baik cahaya matahari langsung maupun persebaran *skylight* yang masuk ke dalam sebuah bangunan untuk mengurangi penerangan listrik dan hemat energi [9].

Cahaya yang masuk ke dalam rumah pada siang hari terdiri dari *direct sunlight* dan *ambient light*. Cahaya matahari langsung (*direct sunlight*) begitu cerah, panas dan menciptakan silau. Sedangkan *ambient light* adalah cahaya pantulan. Sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan dan mengenai sebuah dinding atau lantai akan dipantulkan. Pada cuaca yang berawan tanpa sinar matahari langsung, semua cahaya alami yang masuk dalam bangunan akan menjadi cahaya pantul. Cahaya ini baik untuk membantu menghilangkan bayangan [10].

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh [7]:

- a) hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya.
- b) ukuran dan posisi lubang cahaya.
- c) distribusi terang langit.
- d) bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

Pencahayaan alami dapat mengurangi ketergantungan terhadap pencahayaan buatan, yang telah ditunjukkan untuk membantu mengurangi beban pendinginan dan permintaan energi bangunan. Hal ini mungkin karena pancaran pencahayaan alami memiliki tingkat pencahayaan tertinggi mencapai 130 lm/watt, daripada kebanyakan pencahayaan buatan 70-100 lm/watt. Yu & Su melalui jurnalnya menemukan bahwa pencahayaan alami dapat menghemat energi sebesar 20-87% [11].

Memiliki pengetahuan yang akurat tentang bentuk, lokasi dan orientasi bukaan ruangan, diperlukan untuk meningkatkan

perhitungan dan untuk memprediksi daerah yang mendapat cahaya alami sepanjang tahun, serta kuantitas cahaya [12].

2.2 Terminologi dalam Pencahayaan

Dalam hubungannya dengan kenyamanan visual, dalam pencahayaan alami terkandung terminologi-terminologi yang sering dipakai antara lain sebagai berikut [6]:

- a. **Cahaya**
Adalah radiasi energi yang sampai ke retina dan menghasilkan sensasi visual.
- b. **Absorbpsi**
Proses dimana fluks radiasi diubah menjadi energi bentuk lain, biasanya energi panas.
- c. **Transmisi**
Proses dimana radiasi meninggalkan permukaan atau media dari satu sisi ke sisi lainnya tanpa berubah frekuensinya.
- d. **Reflektansi**
Rasio fluks pantulan terhadap fluks asal.
- e. **Glare**
Sensasi yang ditimbulkan oleh tingkat luminan pada area pandang lebih dari kemampuan mata beradaptasi sehingga menyakitkan, tidak nyaman, dan kehilangan kemampuan visual.
- f. **Disability Glare**
Silau yang menyebabkan menurunnya kemampuan melihat.
- g. **Discomfort Glare**
Silau yang menjadikan ketidaknyamanan melihat.
- h. **Reference Point**
Titik- titik *daylight factor* pada bidang kerja yang biasanya ditentukan untuk mengetahui distribusi pencahayaan alami suatu ruangan.

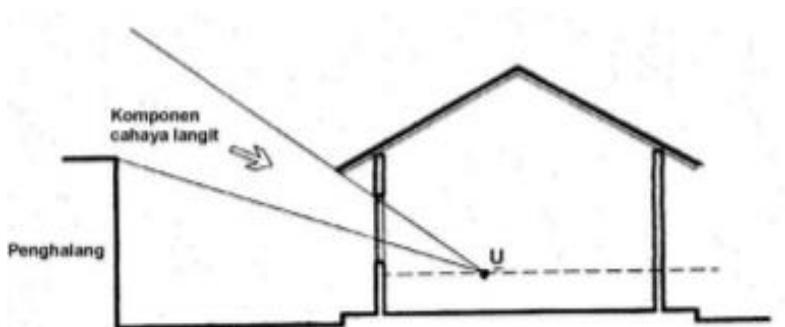
2.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari

Faktor pencahayaan alami siang hari atau yang disebut *Daylight Factor* (DF) adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan

terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut.

Daylight Factor (DF) terdiri dari 3 komponen antara lain [7]:

- a. Komponen langit (faktor langit - fl) adalah komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.



Gambar 2. 1 Komponen langit [7]

Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena fl merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur. Faktor langit dituliskan dalam persamaan (2.1).

$$fl = \frac{1}{2\pi} \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{L}{D} \right) - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D} \right)^2}} \tan^{-1} \frac{L/D}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D} \right)^2}} \right\} \quad (2.1)$$

dimana :

- L = lebar lubang cahaya efektif
- H = tinggi lubang cahaya efektif
- D = jarak titik ukur ke lubang cahaya

- b. Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) adalah komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-

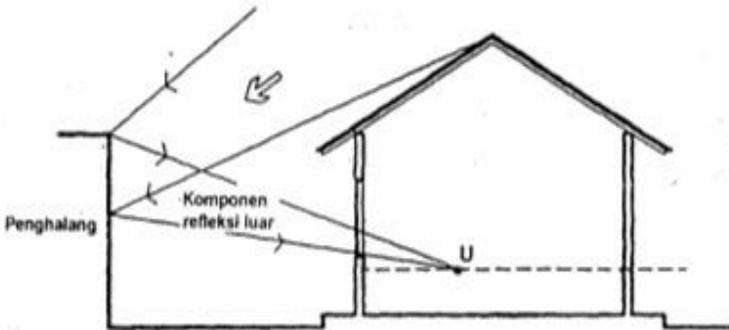
benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan. Faktor refleksi luar dituliskan dalam persamaan (2.2).

$$f_{rl} = (fl)_p \times L_{rata-rata} \quad (2.2)$$

dimana :

$fl(p)$ = faktor langit jika ada penghalang

$L_{rata-rata}$ = perbandingan antara luminansi penghalang dengan luminansi rata-rata langit



Gambar 2. 2 Komponen refleksi luar [7]

Luminansi rata-rata pada persamaan (2.2) merupakan perbandingan antara luminansi penghalang dan luminansi langit. Luminansi penghalang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$Luminansi_{penghalang} = \frac{\rho \cdot E_{penghalang}}{\pi} \quad (2.3)$$

dimana:

ρ = rata-rata reflektif material bangunan

$E_{penghalang}$ = tingkat pencahayaan yang mengenai atap

Tingkat pencahayaan atau iluminansi cahaya pada persamaan (2.3) bisa berupa penghalang akibat atap maupun dinding bangunan lain, sehingga tingkat pencahayaan

penghalang dipengaruhi oleh sudut kemiringan penghalang terhadap langit. Tingkat pencahayaan akibat atap rumah bangunan lain dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.4).

$$E_{\text{atap rumah}} = \frac{1}{2} \pi L_{\text{langit}} [1 + \cos \alpha] \quad (2.4)$$

dimana :

L_{langit} = luminansi cahaya pada langit

α = sudut yang terjadi antara atap bangunan dan bidang datar horizontal bangunan

Penghalang berupa dinding yang tegak lurus dengan bidang horizontalnya memiliki sudut 90° , sehingga tingkat pencahayaan akibat dinding bangunan lain dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.5).

$$E_{\text{dinding}} = \frac{1}{2} \pi L_{\text{langit}} \quad (2.5)$$

Luminansi langit bergantung pada iluminansi cahaya pada lapangan terbuka atau biasa disebut sebagai langit perancangan. Langit perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya [7]. Luminansi langit dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.6).

$$E_H = \pi L_{\text{langit}} \quad (2.6)$$

Setiap material bangunan memiliki reflektansi berbeda-beda tergantung pada warna, bahan dan tekstur permukaan. Nilai untuk rata-rata reflektif beberapa material bangunan dapat ditentukan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Rata-rata reflektif material bangunan [13]

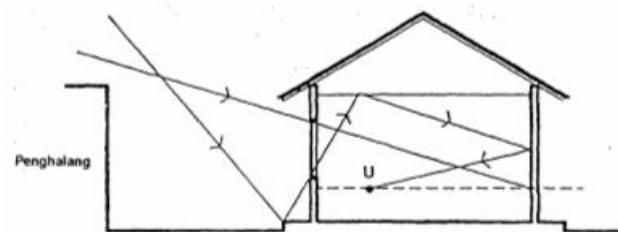
<i>Material</i>	<i>Average Reflectivity</i>	<i>Material</i>	<i>Average Reflectivity</i>
<i>Brick</i>		<i>Copper</i>	0.40
<i>Concrete</i>	0.40	<i>Painted surface</i>	
<i>Red</i>	0.15	<i>Smooth</i>	Munsell
<i>Yellow Ochre</i>	0.25	<i>Wood</i>	Munsell
<i>White</i>	0.75	<i>Metal</i>	Munsell
<i>Brick Mortar</i>	0.45	<i>Gravel</i>	0.20
<i>Concrete</i>		<i>Asphalt</i>	0.07
<i>Smooth</i>	0.30	<i>Enterage</i>	
<i>Double-formed</i>	0.25	<i>Grass</i>	0.06
<i>Rough</i>	0.20	<i>Earth, soil</i>	0.07
<i>Aluminium, unpainted</i>	0.85	<i>Vegetation</i>	0.25
<i>Chromium</i>	0.65	<i>Snow</i>	
<i>Plaster, white</i>		<i>Old</i>	0.60
<i>Smooth</i>	0.80	<i>New</i>	0.80
<i>Rough</i>	0.40	<i>Water</i>	
<i>Stippled</i>	0.40	<i>Smooth surface</i>	0.70
<i>Marble</i>		<i>Rough surface</i>	0.30
<i>White</i>	0.80		
<i>Color</i>	Munsell		

- c. Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam - frd) adalah komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit. Faktor refleksi dalam dituliskan dalam persamaan (2.7).

$$frd = \frac{\tau_g \cdot A_g}{A_{total} \cdot (1 - R_{avg})} \times (C \cdot R_{fw} + 5 \cdot R_{cw}) \quad (2.7)$$

dimana :

- τ_g = faktor transmisi cahaya dari kaca penutup lubang cahaya, besarnya tergantung pada jenis kaca yang nilainya dapat diperoleh dari katalog yang dikeluarkan oleh produsen kaca tersebut
- A_g = luas lubang cahaya
- A_{total} = luas seluruh permukaan dalam ruangan
- R_{avg} = faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan
- C = konstanta yang besarnya tergantung dari sudut penghalang
- R_{fw} = faktor refleksi rata-rata lantai dan dinding bagian bawah dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak
- R_{cw} = faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak



Gambar 2. 3 Komponen refleksi dalam [7]

Faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan pada persamaan (2.7) meliputi reflektansi dari permukaan dinding, lantai, langit-langit, dan kaca yang dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.8).

$$R_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n (A \times R)_i}{A_{total}} \quad (2.8)$$

dimana :

- A = luas permukaan masing-masing bidang
 R = faktor reflektif masing-masing material bidang

R_{fw} pada persamaan (2.7) diperoleh dari luas lantai ditambahkan dengan luas dinding bagian bawah dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak, atau bisa dituliskan pada persamaan (2.9) [13].

$$R_{fw} = \frac{A_f R_f + A_w R_w}{A_f + A_w} \quad (2.9)$$

dimana :

- A_f = luas permukaan lantai
 A_w = luas permukaan dinding dihitung mulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak
 R_f = faktor refleksi material lantai
 R_w = faktor refleksi material dinding

R_{cw} pada persamaan (2.7) hampir sama dengan cara memperoleh R_{fw} pada persamaan (2.9). Perbedaannya terletak pada bidang lantai, pada R_{cw} bidang yang dihitung yaitu melalui bidang langit-langit atau *ceiling* [13].

$$R_{cw} = \frac{A_c R_c + A_w R_w}{A_c + A_w} \quad (2.10)$$

dimana :

- A_c = luas permukaan langit-langit
 R_c = faktor refleksi material langit-langit

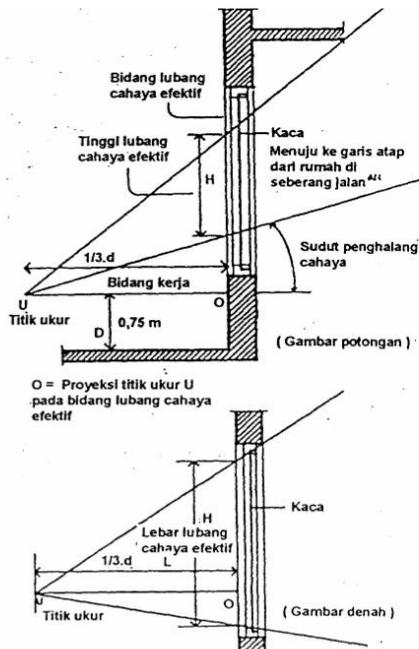
Koefisien C pada persamaan (2.7) merupakan koefisien yang mempresentasikan dampak dari penghalang. Koefisien C dapat diperoleh dari tabel 2.2 [13].

Tabel 2. 2 Hubungan antara koefisien C dan sudut penghalang

Sudut Penghalang	C	Sudut Penghalang	C
Tidak ada penghalang	39	50°	14
10°	35	60°	10
20°	31	70°	7
30°	25	80°	5
40°	20		

2.4 Titik Ukur

Titik ukur diambil pada suatu bidang datar atau bidang kerja yang letaknya pada ketinggian 0,75 meter di atas lantai [7].

**Gambar 2. 4** Penentuan titik ukur, tinggi dan lebar cahaya efektif

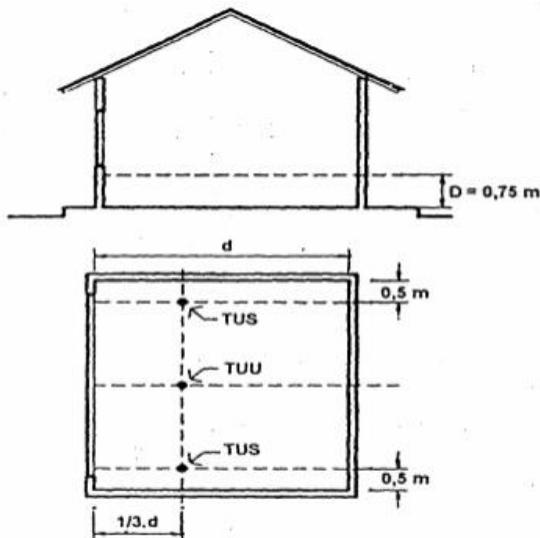
Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur yaitu titik ukur utama (TUU) dan titik ukur samping (TUS).

a. Titik Ukur Utama (TUU)

TUU diambil pada tengah-tengah antara kedua dinding samping yang berada pada jarak $1/3 d$ dari bidang lubang cahaya efektif.

b. Titik Ukur Samping (TUS)

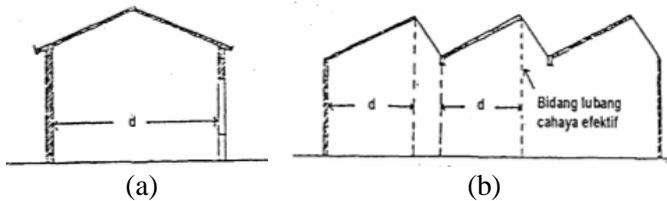
TUS diambil pada jarak 0,5 meter dari dinding samping yang juga berjarak $1/3 d$ dari bidang lubang cahaya efektif.



Gambar 2. 5 Penentuan TUU dan TUS

Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak di tengah antara kedua dinding samping, atau diambil jarak rata-ratanya.

Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang dari 6 meter, maka ketentuan jarak $1/3 d$ diganti dengan jarak minimum 2 meter.



Gambar 2. 6 Penjelasan mengenai jarak “d”

2.5 Persyaratan Faktor Langit Dalam Ruangan

Nilai faktor langit dari suatu titik ukur dalam ruangan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut [7]:

- a. Sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum ($f_{l_{min}}$).

Tabel 2. 3 Nilai faktor langit untuk bangunan umum

Klasifikasi Pencahayaan	$f_{l_{min}}$ TUU
A	0,45 d
B	0,35 d
C	0,25 d
D	0,15 d

Dengan klasifikasi kualitas pencahayaan sebagai berikut:

- 1) Kualitas A : kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- 2) Kualitas B : kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- 3) Kualitas C : kerja sering, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar, seperti pekerja kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- 4) Kualitas D : kerja kasar, pekerjaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

- b. Nilai f_{\min} dalam persen untuk ruangan-ruangan bangunan umum untuk TUU nya adalah seperti pada table 2.3. faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dari f_{\min} untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,1 d.
- c. Nilai dari f_{\min} dalam persen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan sekolah adalah seperti pada tabel 2.4. Untuk ruangan-ruangan kelas biasa, kelas khusus dan laboratorium dimana dipergunakan papan tulis sebagai alat penjelasan, maka f_{\min} pada tempat 1/3 d di papan tulis pada tinggi 1,20 m, ditetapkan sama dengan $f_{\min} = 50\%$ TUU.

Tabel 2. 4 Nilai faktor langit untuk bangunan sekolah

Jenis Ruangan	f_{\min} TUU	f_{\min} TUS
Ruang kelas biasa	0,35 d	0,20 d
Ruang kelas khusus	0,45 d	0,20 d
Laboratorium	0,35 d	0,20 d
Bengkel kayu/besi	0,25 d	0,20 d
Ruang olahraga	0,25 d	0,20 d
Kantor	0,35 d	0,15 d
Dapur	0,20 d	0,20 d

- d. Nilai dari f_{\min} dalarn prosentase untuk ruangan-ruangan dalarn bangunan tempat tinggal seperti pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Nilai faktor langit bangunan tempat tinggal

Jenis Ruangan	f_{\min} TUU	f_{\min} TUS
Ruang tinggal	0,35 d	0,16 d
Ruang kerja	0,35 d	0,16 d
Kamar tidur	0,18 d	0,05 d
Dapur	0,20 d	0,20 d

- e. Untuk ruangan-ruangan lain yang tidak khusus disebut dalam tabel 2.4 dan tabel 2.5 dapat diperlakukan ketentuan-ketentuan dalam tabel 2.3.

Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di satu dinding nilai fl ditentukan sebagai berikut [7]:

- a. Dari setiap ruangan yang menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di satu dinding saja, harus diteliti fl dari satu TUU dan dua TUS.
- b. Jarak antara dua titik ukur tidak boleh lebih besar dari 3 meter. Misalnya untuk suatu ruangan yang panjangnya lebih dari 7 m, harus diperiksa (fl) lebih dari tiga titik ukur (jumlah TUU ditambah).

Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang berhadapan. Nilai faktor langit (fl) untuk ruangan ini harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut [7]:

- a. Bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang cahaya atau jendela-jendela di dua dinding yang berhadapan, maka setiap bidang lubang cahaya efektif mempunyai kelompok titik ukurnya sendiri.
- b. Untuk kelompok titik ukur yang pertama, yaitu dari lubang cahaya efektif yang paling penting, berlaku ketentuan-ketentuan dari table 2.3, 2.4 dan 2.5.
- c. Untuk kelompok titik ukur yang kedua ditetapkan syarat minimum sebesar 30% dari yang tercantum pada ketentuan-ketentuan dari tabel 2.3, 2.4 dan 2.5.
- d. Dalam hal ini (fl) untuk setiap titik ukur adalah jumlah faktor langit yang diperolehnya dari lubang-lubang cahaya di kedua dinding.
- e. Ketentuan untuk kelompok titik ukur yang kedua ini seperti yang termaksud dalam poin c, tidak berlaku apabila jarak antara kedua bidang lubang cahaya efektif kurang dari 6 meter.
- f. Bila jarak tersebut dalam poin e adalah lebih dari 4 meter dan kurang dari 9 meter dianggap telah dipenuhi apabila luas total lubang cahaya efektif kedua ini sekurang-kurangnya 40% dari luas lubang cahaya efektif pertama. Dalam hal yang belakangan ini, luas lubang cahaya efektif kedua adalah bagian dari bidang lubang cahaya yang letaknya di antara tinggi 1 meter dan tinggi 3 meter.

Ruangan dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang saling memotong. Untuk kondisi ruangan seperti ini faktor langit ditentukan dengan memperhitungkan hal-hal sebagai berikut [7]:

- a. bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang saling memotong kurang lebih tegak lurus, maka untuk dinding kedua, yang tidak begitu penting, hanya diperhitungkan satu TUU tambahan saja.
- b. Syarat untuk titik ukur yang dimaksud dalam poin a adalah 50% dari yang berlaku untuk TUU bidang lubang cahaya efektif yang pertama.
- c. Jarak TUU tambahan ini sampai pada bidang lubang cahaya efektif kedua diambil d , dimana d adalah ukuran dalam menurut bidang lubang cahaya efektif pertama (lihat gambar 2.6 poin b).

2.6 Indeks Kesilauan

Silau adalah hasil cahaya yang tidak diinginkan di bidang visual dan biasanya disebabkan oleh adanya satu atau lebih sumber cahaya terang berlebihan. Sejauh mana sumber cahaya mengganggu kemampuan seseorang untuk melakukan suatu tugas dan hasil ketidaknyamanan cahaya menyebabkan dua aspek silau yaitu *disability glare* dan *discomfort glare*.

Silau terjadi diakibatkan oleh masuknya cahaya matahari langsung atau adanya pantulan dari benda-benda reflektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi sumber cahaya, posisi sumber cahaya terhadap penglihatan pengamat dan adanya kontras pada permukaan bidang kerja. Ada beberapa pendekatan yang bisa digunakan untuk memprediksi dan mengevaluasi ketidaknyamanan silau antara lain VCP (*Visual Comfort Probability*), UGR (*Unified Glare Rating*) dan DGI (*Daylight Glare Index*). UGR adalah metode evaluasi yang ditetapkan oleh *International Commission on Illumination (CIE)* sebagai standar untuk mengevaluasi ketidaknyamanan silau [14].

$$UGR = 8 \log \left[\frac{25}{L_B} \sum \left(\frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \right] \quad (2.11)$$

Pada persamaan (2.11), L dan L_B adalah luminansi sumber dan luminansi *background* dan dapat ditunjukkan pada persamaan (2.12) dan (2.13).

$$L = \left(\frac{E_{sp}}{v} \right) \left(\frac{T_g}{0,85} \right) \quad (2.12)$$

$$L_B = \left(\frac{IRE + ERE}{\pi} \right) z \left(\frac{T_g}{0,85} \right) \quad (2.13)$$

Pada persamaan (2.12) dan (2.13), E_{sp} adalah tingkat pencahayaan pada titik ukur, IRE dan ERE adalah tingkat pencahayaan refleksi dalam dan luar, z adalah faktor sumber yang dapat ditunjukkan pada persamaan (2.14), v adalah faktor arah pandang yang dapat ditunjukkan menggunakan persamaan (2.15), T_g adalah nilai transmisi dari kaca.

Faktor sumber z memperhitungkan variasi ketersediaan cahaya siang hari di berbagai kota.

$$z = (1,9785 \ln E_H) - 15,9164 \quad (2.14)$$

Faktor arah pandang v mempertimbangkan hubungan antara pandangan berbentuk kerucut (*cone of vision*), arah pandang, dan pemandangan cahaya pada siang hari.

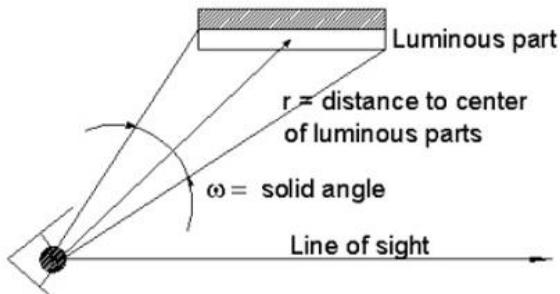
$$v = 0,8536(e^{0,0733A}) \quad (2.15)$$

Pada persamaan diatas, A adalah sudut antara arah pandang mata dan titik tengah bukaan.

Nilai untuk P pada persamaan (2.11) dapat ditunjukkan pada persamaan (2.16).

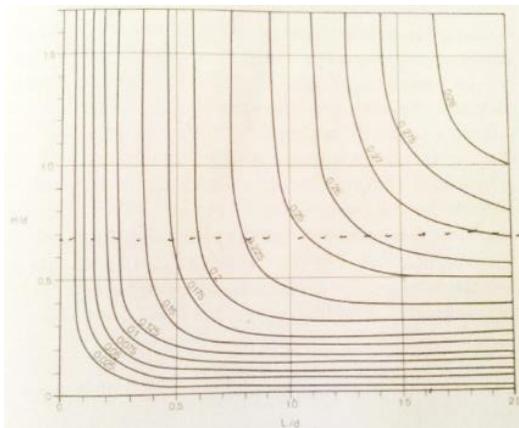
$$P = \exp \left[\left(35,2 - 0,31889\alpha - 1,22e^{-\frac{2\alpha}{9}} \right) 10^{-3}\beta + (21 + 0,26667\alpha - 0,0029663\alpha^2) 10^{-5}\beta^2 \right] \quad (2.16)$$

Pada persamaan diatas, α adalah sudut dari bidang vertikal yang berisi sumber dan garis pandang atau penglihatan dalam derajat dan β adalah sudut antara garis pandang dan garis dari pengamat ke sumbernya.



Gambar 2. 7 UGR (*Unified Glare Rating*)

Nilai untuk ω pada persamaan (2.11) diperoleh dari gambar 2.7.



Gambar 2. 8 Plot nilai ω antara H/d dan L/d

Nilai indeks kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual ditunjukkan pada tabel 2.6 [7].

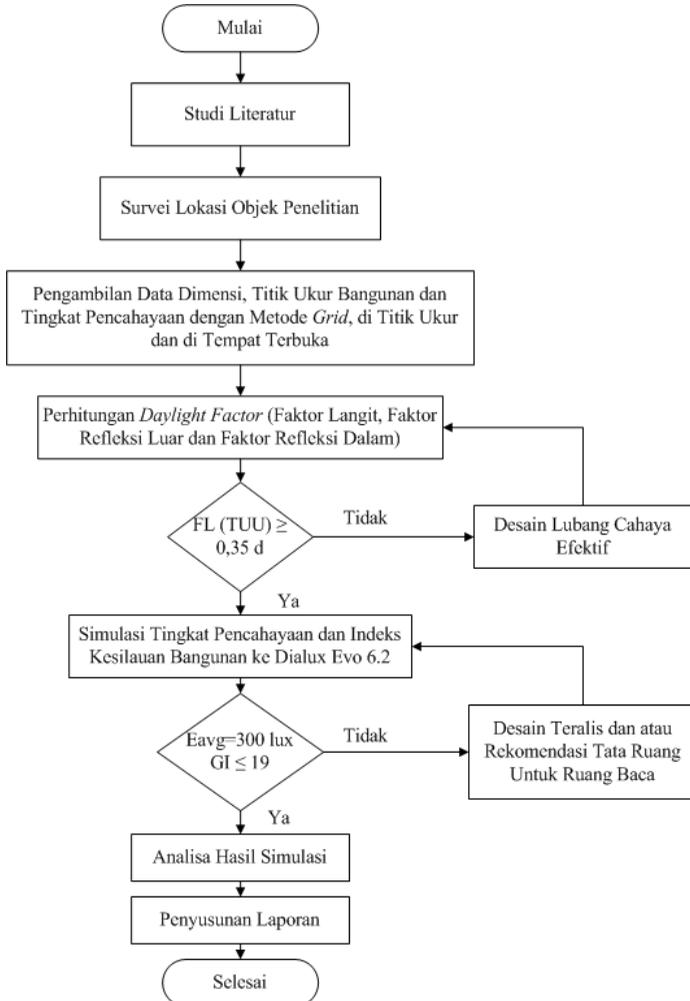
Tabel 2.6 Nilai indeks kesilauan maksimum (GI_{\max}) untuk berbagai tugas visual dan interior

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau Yang Dibutuhkan	GI_{\max}	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus	28	Pabrik produksi, beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	25	Gudang, <i>old store</i> , bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, <i>plant rooms</i> .
Tugas visual dan interior normal	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di badara,
Pengendalian silau sangat penting	19	pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), <i>lobby</i> , ruangan kantor.
Tugas visual sangat teliti. Pengendalian silau tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti).

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir

3.1 Studi Literatur

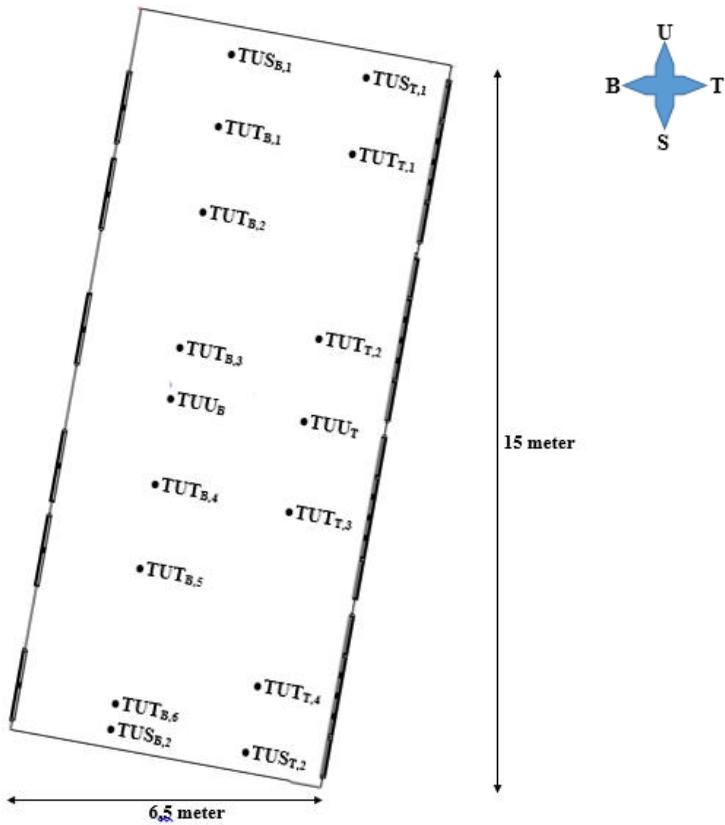
Penyusunan laporan tugas akhir ini diperlukan konsep dan ide awal untuk pelaksanaannya. Studi literatur dimaksudkan untuk membangun pemahaman awal hingga detail mengenai topik tugas akhir. Oleh karena itu, diperlukan studi literatur yang berhubungan erat dengan pencahayaan alami dan beberapa referensi dari penelitian sebelumnya. Pendalaman lebih lanjut dilakukan dengan mencari materi mengenai kuantifikasi apa saja yang harus dipenuhi dalam merancang suatu ruangan sesuai standar SNI 03-2396-2001. Teori yang berdasarkan jurnal-jurnal penelitian yang sudah pernah dilakukan dan juga studi teoritis dari *handbook* dengan tema pencahayaan alami dan *architectural lighting*. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *software* Dialux Evo 6.2 maka diperlukan studi pembelajaran tentang pemrograman yang akan dijalankan.

3.2 Pengumpulan Data

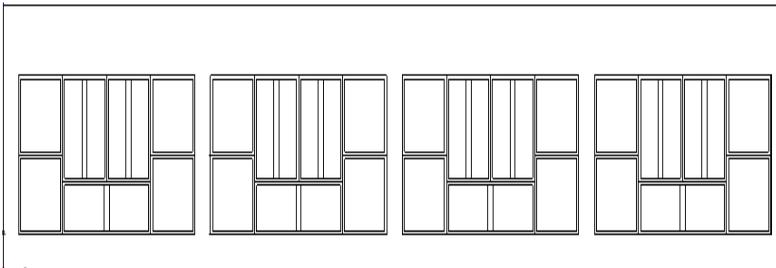
Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer bangunan seperti dimensi bangunan, lokasi bangunan, material bangunan, dan menentukan titik ukur pada bangunan. Data-data tersebut digunakan sebagai masukan untuk mendapatkan besar *daylight factor* terutama faktor langit. Kuantifikasi inilah yang akan menjadi pokok pembahasan apakah pencahayaan alami pada bangunan tersebut sudah sesuai dengan standar SNI 03-2396-2001.

3.2.1 Data Primer Objek Penelitian

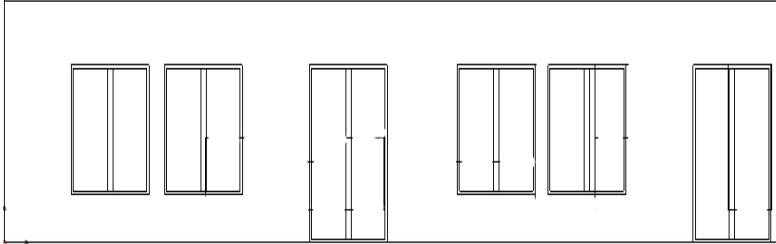
Berdasarkan pengukuran di lokasi didapatkan data dimensi dan titik ukur bangunan dengan posisi bangunan yang condong 30° terhadap sisi barat. Dengan dimensi jendela sisi timur adalah $3,4 \times 1,8 \text{ m}^2$, dimensi jendela sisi barat adalah $1,6 \times 1,5 \text{ m}^2$ untuk masing-masing jendela, dan tinggi pintu adalah $1,5 \times 2,1 \text{ m}^2$. Berikut adalah denah lokasi objek penelitian:



Gambar 3. 2 Dimensi objek penelitian tampak atas



Gambar 3. 3 Dimensi lubang cahaya sisi timur



Gambar 3. 4 Dimensi lubang cahaya sisi barat

3.2.2 Pengukuran Tingkat Pencahayaan

Berdasarkan pengukuran tingkat pencahayaan yang dilakukan di objek penelitian yaitu ruang baca teknik fisika ITS Surabaya pada titik-titik ukur dan lapangan terbuka, didapatkan data tingkat pencahayaan yang diambil pada tanggal 20 Maret 2017 pukul 14.00 WIB saat kondisi *average sky* yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dengan tingkat pencahayaan di lapangan terbuka sebesar 43100 lux dan 12 April 2017 pukul 13.00 WIB saat kondisi *clear sky* yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dengan tingkat pencahayaan sebesar 68800 lux.

Tabel 3. 1 Nilai tingkat pencahayaan kondisi *average sky*

TitikUkur Jendela Timur		Titik Ukur jendela Barat	
	E (lux)		E (lux)
TUT1	2975	TUT1	850
TUT2	2920	TUT2	750
TUT3	2730	TUT3	1320
TUT4	2955	TUT4	1255
TUU	2788	TUT5	1775
TUS1	1910	TUT6	1945
TUS2	2120	TUU	1378
		TUS1	940
		TUS2	1380

Tabel 3. 2 Hasil perhitungan faktor langit kondisi *average sky* melalui pengukuran

TitikUkur Jendela Timur	FL(%)	Titik Ukur jendela Barat	FL(%)
TUT1	6,9026	TUT1	1,9722
TUT2	6,7749	TUT2	1,7401
TUT3	6,3341	TUT3	3,0626
TUT4	6,8561	TUT4	2,9118
TUU	6,4687	TUT5	4,1183
TUS1	4,4316	TUT6	4,5128
TUS2	4,9188	TUU	3,1972
		TUS1	2,1809
		TUS2	3,2018

Tabel 3. 3 Tabel tingkat pencahayaan kondisi *clear sky*

TitikUkur Jendela Timur	E (lux)	Titik Ukur jendela Barat	E (lux)
TUT _{T,1}	3575	TUT _{B,1}	1425
TUT _{T,2}	3755	TUT _{B,2}	1555
TUT _{T,3}	3100	TUT _{B,3}	1500
TUT _{T,4}	3245	TUT _{B,4}	1554
TUU _T	3155	TUT _{B,5}	1931
TUS _{T,1}	2450	TUT _{B,6}	2307
TUS _{T,2}	2520	TUU _B	1300
		TUS _{B,1}	836
		TUS _{B,2}	1024

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan faktor langit kondisi *clear sky* melalui pengukuran

TitikUkur Jendela Timur	FL(%)	Titik Ukur jendela Barat	FL(%)
TUT _{T,1}	5,1962	TUT _{B,1}	2,0712
TUT _{T,2}	5,4578	TUT _{B,2}	2,2602
TUT _{T,3}	4,5058	TUT _{B,3}	2,1802
TUT _{T,4}	4,7166	TUT _{B,4}	2,2587
TUU _T	4,5857	TUT _{B,5}	2,8067
TUS _{T,1}	3,5610	TUT _{B,6}	3,3532
TUS _{T,2}	3,6628	TUU _B	1,8895
		TUS _{B,1}	1,2151
		TUS _{B,2}	1,4884

3.3 Perhitungan *Daylight Factor* (DF)

Data dimensi ruangan termasuk ukuran lubang cahaya dan posisi titik ukur akan digunakan untuk menghitung faktor pencahayaan alami siang hari (*daylight factor* - DF). Perhitungan DF ditentukan melalui tiga komponen yaitu faktor langit (fl), faktor refleksi luar (frl), dan faktor refleksi dalam (frd). Lebar dan tinggi lubang cahaya serta jarak lubang cahaya ke titik ukur merupakan hal yang penting dalam perhitungan DF khususnya faktor langit. Bangunan objek memiliki dua lubang cahaya yang berhadapan, maka akan dihitung DF masing-masing lubang cahaya sesuai ketentuan pada SNI 03-2396-2001 yang telah dijelaskan pada Bab II.

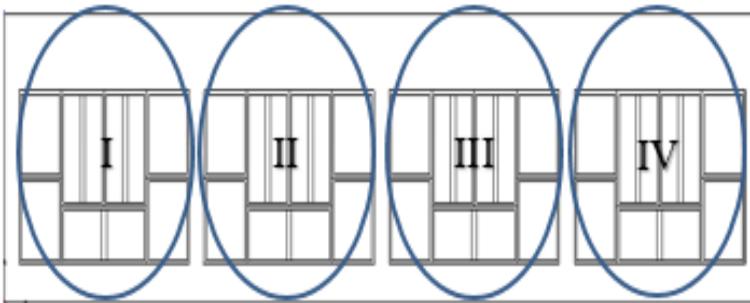
3.3.1 Perhitungan Faktor Langit

Berdasarkan teori persamaan faktor langit yang telah dijelaskan pada Bab II dan posisi lubang cahaya pada gambar 3.2, maka nilai fl akan dihitung masing-masing per lubang cahaya.

- a. Perhitungan Faktor Langit Lubang Cahaya Sisi Timur

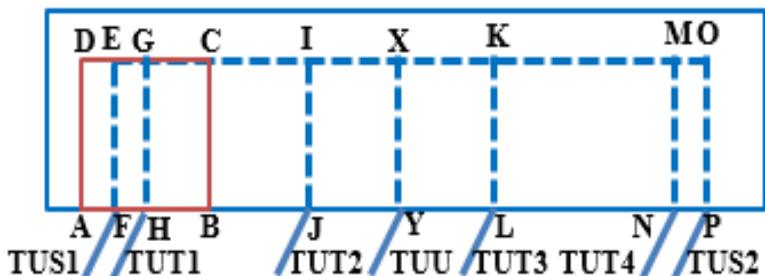
Pada lubang cahaya sisi timur memiliki empat lubang cahaya yang terpisah, sehingga akan dihitung nilai fl pada masing-masing lubang.

Berdasarkan persamaan (2.1) terdapat koefisien L, D dan H. Nilai L setiap bagian lubang cahaya berbeda antara satu dengan yang lain, nilai D ditentukan dari $1/3 d$ dimana d sebesar 6,5 m sehingga nilai D yaitu 2,16 m, dan nilai H yaitu tinggi lubang cahaya yang telah dikurangi dengan bidang kerja 0,75 m dari atas lantai sehingga nilai H yaitu 1,45 m.



Gambar 3. 5 Pembagian lubang cahaya sisi timur

- FL Lubang Cahaya 1



Gambar 3. 6 Posisi titik ukur lubang 1 lubang cahaya timur

Berdasarkan Posisi Titik Ukur gambar 3.6 maka persamaan untuk menghitung lubang cahaya I dapat ditunjukkan pada persamaan (3.1) sampai persamaan (3.7).

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,1}) = FL_{AHGD} + FL_{HBCG} \quad (3.1)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,2}) = FL_{AJID} - FL_{BJIC} \quad (3.2)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,3}) = FL_{ALKD} - FL_{BLKC} \quad (3.3)$$

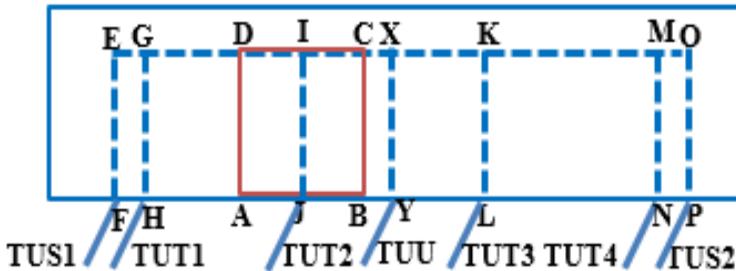
$$FL_{ABCD}(TUT_{T,4}) = FL_{ANMD} - FL_{BNMC} \quad (3.4)$$

$$FL_{ABCD}(TUU_T) = FL_{AYXD} - FL_{BYXC} \quad (3.5)$$

$$FL_{ABCD}(TUS_{T,1}) = FL_{AFED} + FL_{FBCE} \quad (3.6)$$

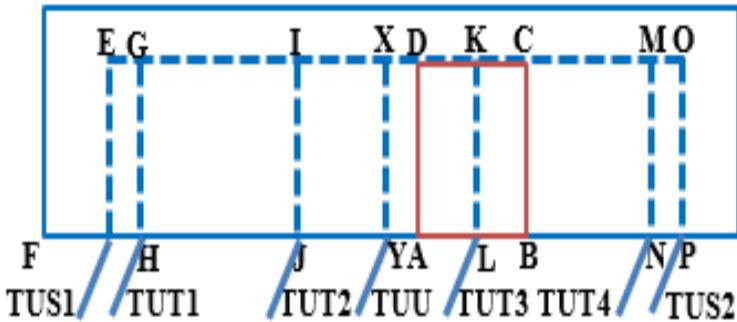
$$FL_{ABCD}(TUS_{T,2}) = FL_{APOD} - FL_{BPOC} \quad (3.7)$$

- FL Lubang Cahaya 2
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.1) sampai dengan (3.7).



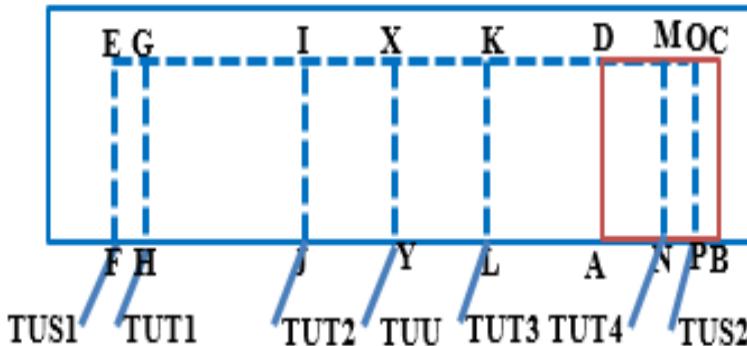
Gambar 3. 7 Posisi titik ukur lubang 2 lubang cahaya timur

- FL Lubang Cahaya 3
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.1) sampai dengan (3.7).



Gambar 3. 8 Posisi titik ukur lubang 3 lubang cahaya timur

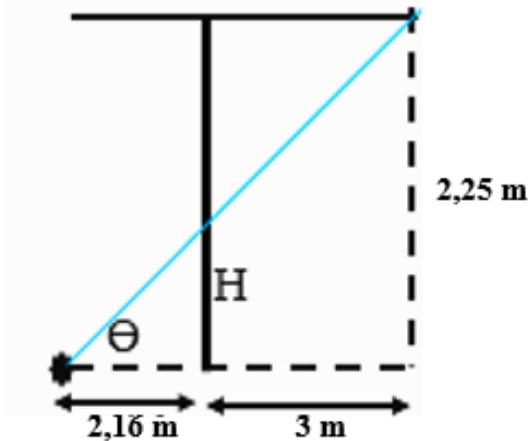
- FL Lubang Cahaya 4
 Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.1) sampai dengan (3.7).



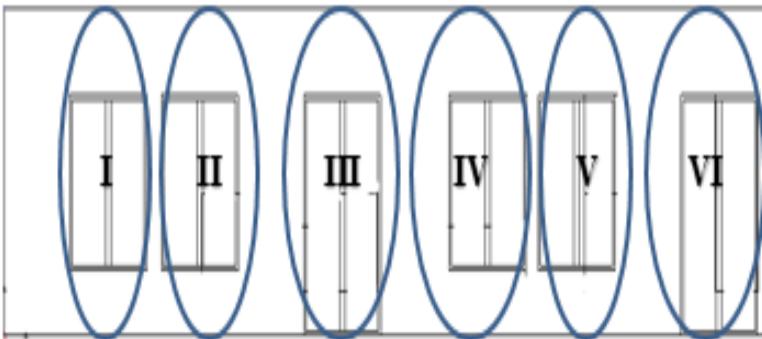
Gambar 3. 9 Posisi titik ukur lubang 4 lubang cahaya timur

- Perhitungan Faktor Langit Lubang Cahaya Sisi Barat
 Pada lubang cahaya sisi barat memiliki enam lubang cahaya yang terpisah dan terdapat penghalang berupa atap balkon dengan lebar 3 m dan bangunan lain yang berjarak 10 m dari lubang cahaya.

Sudut yang dihasilkan antara penghalang dan titik ukur akan mempengaruhi perhitungan faktor langit karena akan mengurangi ketinggian lubang cahaya efektif.



Gambar 3. 10 Lubang cahaya efektif akibat penghalang

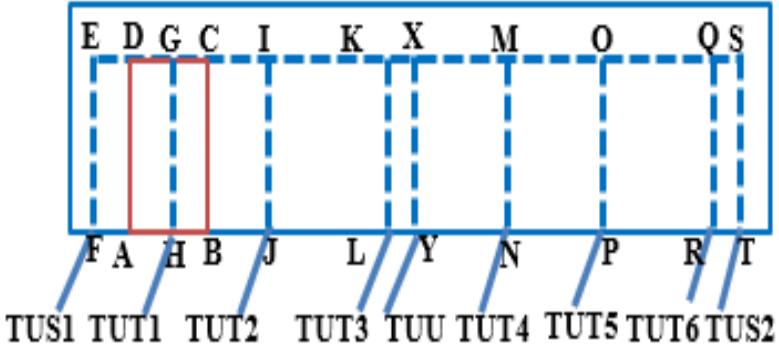


Gambar 3. 11 Pembagian lubang cahaya sisi barat

Nilai L , H dan D pada lubang cahaya sisi barat sama seperti gambar 3.6, yang membedakan yaitu pada nilai H nya sebesar $0,95$ karena terhalang oleh dinding bangunan lain.

- FL Lubang Cahaya 1

Berdasarkan Posisi Titik Ukur gambar 3.12 maka persamaan untuk menghitung lubang cahaya I dapat ditunjukkan pada persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



Gambar 3. 12 Posisi titik ukur lubang 1 lubang cahaya barat

$$FL_{ABCD}(TUT_{B,1}) = FL_{AHGD} + FL_{HBGC} \quad (3.8)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{B,2}) = FL_{AJID} - FL_{BJIC} \quad (3.9)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{B,3}) = FL_{ALKD} - FL_{BLKC} \quad (3.10)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{B,4}) = FL_{ANMD} - FL_{BNMC} \quad (3.11)$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{B,5}) = FL_{APOD} - FL_{BPOC} \quad (3.12)$$

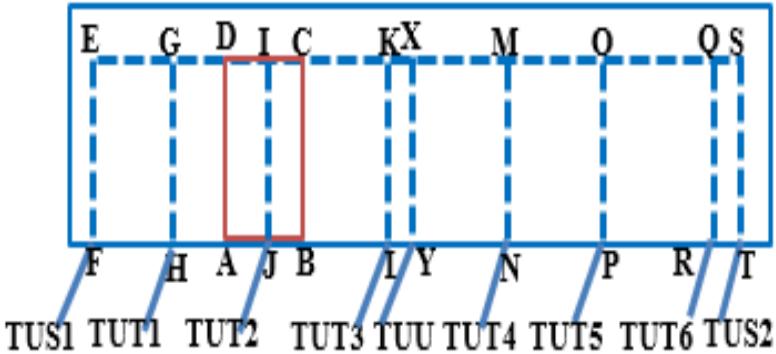
$$FL_{ABCD}(TUT_{B,6}) = FL_{ARQD} - FL_{BRQC} \quad (3.13)$$

$$FL_{ABCD}(TUU_B) = FL_{AXYD} - FL_{BXYC} \quad (3.14)$$

$$FL_{ABCD}(TUS_{B,1}) = FL_{AFED} + FL_{FBCE} \quad (3.15)$$

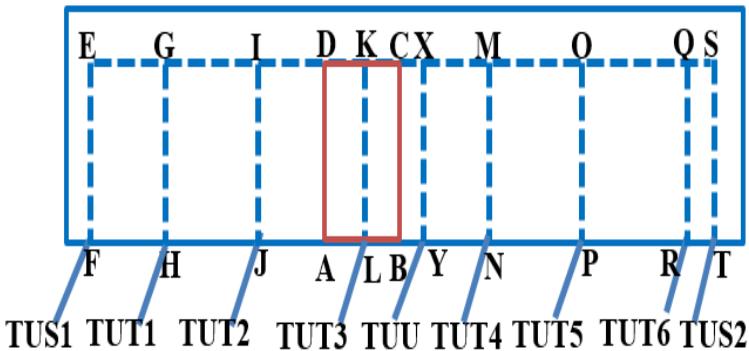
$$FL_{ABCD}(TUS_{B,2}) = FL_{ATSD} - FL_{BTSC} \quad (3.16)$$

- FL Lubang Cahaya 2
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



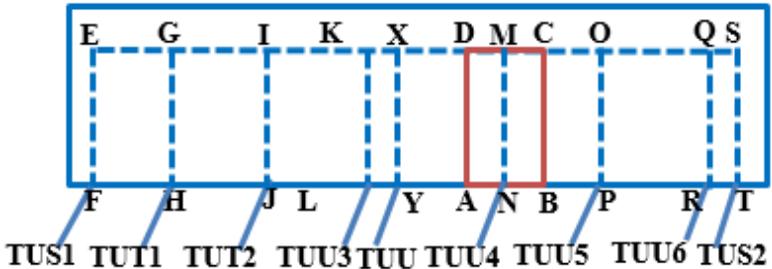
Gambar 3. 13 Posisi titik ukur lubang 2 lubang cahaya barat

- FL Lubang Cahaya 3
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



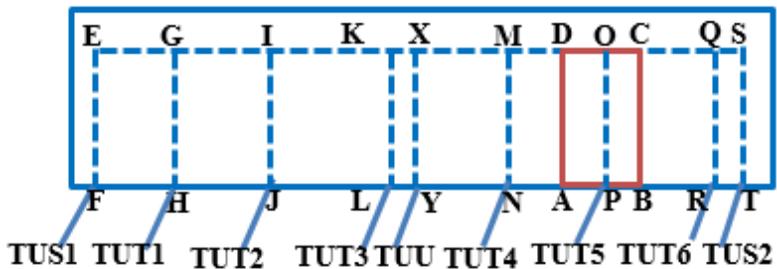
Gambar 3. 14 Posisi titik ukur lubang 3 lubang cahaya barat

- FL Lubang Cahaya 4
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



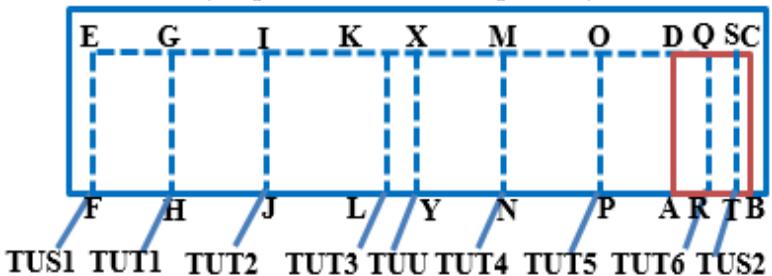
Gambar 3. 15 Posisi titik ukur lubang 4 lubang cahaya barat

- FL Lubang Cahaya 5
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



Gambar 3. 16 Posisi titik ukur lubang 5 lubang cahaya barat

- FL Lubang Cahaya 6
Faktor langit dicari menggunakan langkah-langkah yang sama dengan persamaan (3.8) sampai dengan (3.16).



Gambar 3. 17 Posisi titik ukur lubang 6 lubang cahaya barat

Setelah setiap lubang dicari nilai FL pada titik ukur masing-masing, maka diperoleh nilai FL titik ukur utama dan samping masing-masing pada lubang cahaya efektif sisi timur dan barat.

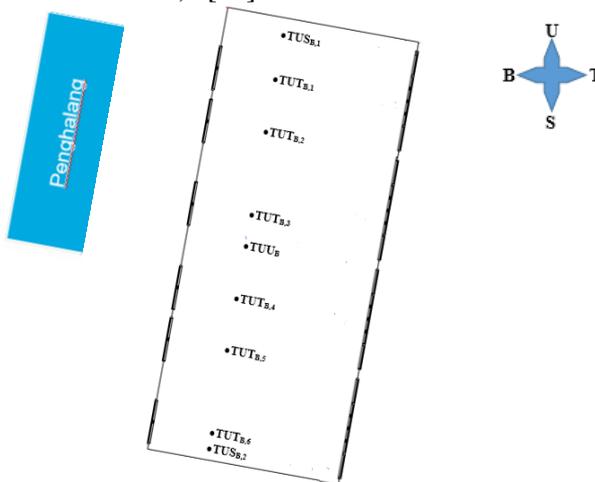
Berdasarkan teori pada Bab II, untuk menghitung faktor langit lubang cahaya sisi barat berlaku 30% dari yang tercantum pada ketentuan-ketentuan dari tabel 2.3 untuk bangunan umum.

$$fl_{TUU} = 30\%(0,35 \cdot d) \quad (3.17)$$

3.3.2 Perhitungan Faktor Refleksi Luar

Berdasarkan teori persamaan faktor refleksi luar yang telah dijelaskan pada Bab II dengan kondisi penghalang yang berada pada sisi barat bangunan mengakibatkan separuh lubang cahaya pada jendela barat tertutup dinding bangunan lain.

Berdasarkan persamaan (2.2), faktor langit yang tertutupi penghalang dapat diperoleh dari perhitungan faktor langit pada titik ukur $TUT_{B,1}$, $TUT_{B,2}$, $TUT_{B,3}$, $TUS_{B,1}$. Selain faktor langit pada bagian dinding yang tertutup penghalang, koefisien lain yang perlu diperhatikan yaitu faktor refleksi material dinding. Pada kasus ini faktor refleksi penghalang yang diasumsikan berupa *rough concrete* sebesar 0,2 [13].



Gambar 3. 18 Posisi penghalang berupa dinding bangunan lain

3.3.3 Perhitungan Faktor Refleksi Dalam

Berdasarkan teori persamaan faktor refleksi dalam yang telah dijelaskan pada Bab II dan ruangan yang menjadi objek masih dalam kondisi kosong sehingga yang mempengaruhi dalam perhitungan faktor refleksi dalam adalah reflektansi material lantai, dinding, *ceiling*, dan kaca jendela. Dengan menggunakan asumsi faktor refleksi material lantai, dinding, *ceiling*, dan kaca jendela secara berurutan yaitu 0,5, 0,7, 0,84, 0,1.

Berdasarkan persamaan (2.7), faktor refleksi dalam juga dipengaruhi oleh koefisien C yang merupakan pengaruh penghalang dari luar. Nilai koefisien C tersebut diperoleh dari hasil interpolasi pada tabel 2.2 yang diperoleh sebesar 28, 86433547.

Secara keseluruhan, variabel-variabel yang dibutuhkan pada persamaan (2.7) dapat diperoleh melalui persamaan (2.8) sampai persamaan (2.10).

Sehingga masing-masing lubang cahaya dapat diperoleh *daylight factor* (DF) melalui persamaan (3.18).

$$DF = FL + FRL + FRD \quad (3.18)$$

3.4 Simulasi Tingkat Pencahayaan Bangunan dan Indeks Kesilauan Menggunakan Dialux Evo 6.2

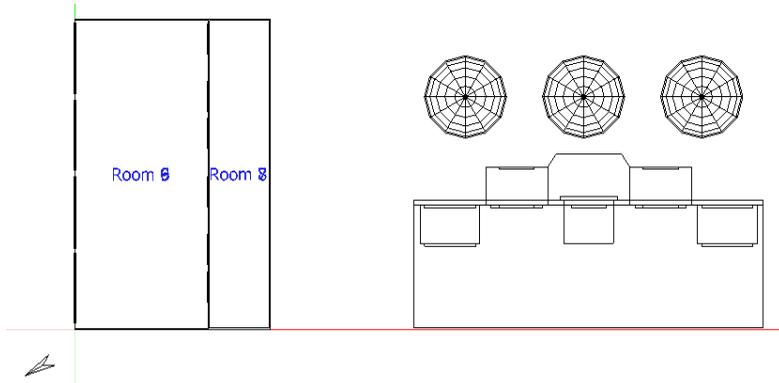
Tahapan ini dilakukan simulasi *existing* dan modifikasi yang telah dirancang dengan tujuan untuk mengetahui tingkat pencahayaan dan indeks kesilauan sudah sesuai dengan kriteria atau belum. Pengujian dilakukan dengan simulasi menggunakan bantuan *software* Dialux Evo 6.2.

Pada tahapan ini dilakukan beberapa desain dengan tujuan untuk memberikan rekomendasi yang sesuai dengan kenyamanan visual untuk ruang baca dengan fungsi ruangan sebagian besar untuk membaca dan menulis.

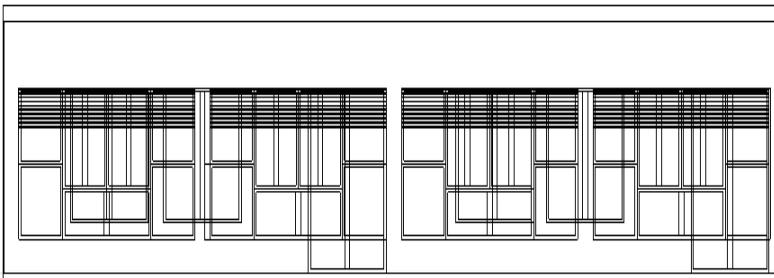
3.4.1 Desain Penambahan Teralis Pada Jendela Timur

Pada tahapan ini dilakukan untuk mengurangi tingkat pencahayaan yang berlebih pada ruang baca dengan mengurangi lebar cahaya efektif pada jendela sisi timur yang merupakan jendela yang menerima cahaya dominan dari pencahayaan alami siang hari.

Desain ini dilakukan dengan menambah teralis dengan tinggi 0,5 meter di sepanjang jendela sisi timur.



Gambar 3.19 Desain bangunan menggunakan Dialux Evo 6.2

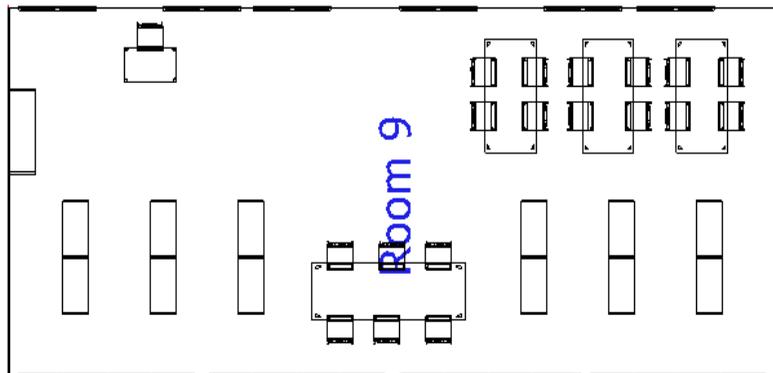


Gambar 3.20 Penambahan Teralis Pada Jendela Sisi Timur

3.4.2 Desain Rekomendasi Tata Ruang Untuk Ruang Baca

Pada tahapan ini dilakukan untuk mengurangi tingkat pencahayaan pada ruang baca dengan penambahan perabotan seperti meja, kursi dan rak buku. Pemilihan faktor refleksi pada material perabotan menjadi salah satu cara untuk mengurangi tingkat pencahayaan yang masuk ke dalam ruang baca. Tata ruang juga mempengaruhi kenyamanan visual oleh pembaca, dimana posisi yang memiliki tingkat pencahayaan berlebih dapat

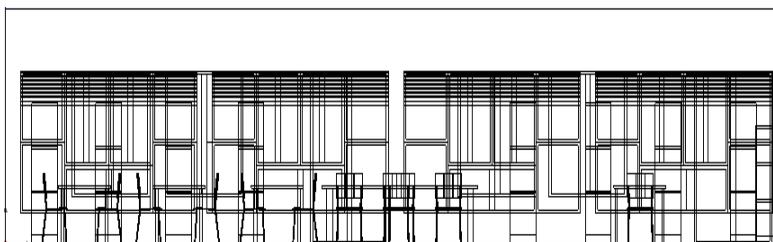
digunakan untuk peletakan rak buku yang membutuhkan pencahayaan lebih.



Gambar 3. 21 Tata ruang untuk ruang baca

3.4.3 Desain Penambahan Teralis dan Tata Ruang Untuk Ruang Baca

Tahapan ini merupakan perpaduan dari dua desain sebelumnya. Tujuannya untuk mengetahui hasil dari perpaduan tersebut apakah memiliki perbedaan yang signifikan daripada desain yang kedua.



Gambar 3. 22 Perpaduan penambahan teralis dan tata ruang untuk ruang baca

3.5 Analisa Hasil Simulasi

Analisa dari hasil simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah analisa hasil pengujian berupa *daylight factor*, tingkat

pencapaian dan indeks kesilauan tersebut sudah memenuhi ketentuan yang tertera pada Bab II atau belum.

3.6 Penutup

Dari pengumpulan data berupa dimensi ruang, titik ukur, tingkat pencapaian baik di titik ukur maupun di lapangan terbuka, perhitungan *daylight factor*, simulasi dan pengujian hasil maka akan didapatkan suatu kesimpulan yang menjadi parameter ketercapaian tujuan dari tugas akhir ini. Langkah selanjutnya melakukan penyusunan laporan tugas akhir sesuai dengan panduan tugas akhir.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Perhitungan *Daylight Factor*

Tahapan perhitungan yang telah dilakukan berupa faktor langit, faktor refleksi luar dan faktor refleksi dalam. Ketiga komponen ini yang menentukan berapa besar pencahayaan alami siang hari yang masuk ke dalam ruangan.

4.1.1 Analisa Perhitungan Faktor Langit

Hasil perhitungan faktor langit di jendela sisi timur dapat ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil perhitungan faktor langit jendela sisi timur

Titik Ukur	FL (%)				FL Total (%)
	Lubang Ke-				
	1	2	3	4	
TUT1	5,931	0,893	0,078	0,016	6,9170
TUT2	0,893	5,931	0,893	0,078	7,7939
TUT3	0,078	0,893	5,931	0,893	7,7939
TUT4	0,016	0,078	0,893	5,931	6,9170
TUU	0,237	3,663	3,457	0,222	7,5784
TUS1	4,271	0,290	0,038	0,010	4,6086
TUS2	0,010	0,040	0,311	4,465	4,8255

Hasil perhitungan faktor langit di jendela sisi barat dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

Pada perhitungan faktor langit jendela sisi barat memiliki perbedaan dengan sisi timur. Perbedaan ini dikarenakan pada sisi barat terdapat bangunan lain yang menghalangi jendela sepanjang 8,4 meter, sehingga faktor langit dengan penghalang yaitu pada lubang cahaya 1, 2 dan 3, FL(TUT1), FL(TUT2), FL(TUT3) dan FL(TUS1) secara berurutan sebesar 0,021%, 0,054%, 0,383%, dan 0,011%.

Tabel 4. 2 Hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat

Titik Ukur	FL (%)						FL Total (%)
	1	2	Lubang Ke-		5	6	
			3	4			
TUT1	1,672	0,707	0,071	0,013	0,006	0,002	2,471
TUT2	0,707	1,672	0,299	0,037	0,013	0,004	2,732
TUT3	0,071	0,299	1,672	0,299	0,071	0,013	2,426
TUT4	0,013	0,037	0,299	1,672	0,707	0,071	2,799
TUT5	0,006	0,013	0,071	0,707	1,672	0,299	2,768
TUT6	0,002	0,004	0,013	0,071	0,299	1,672	2,062
TUU	0,040	0,147	1,348	0,624	0,135	0,021	2,315
TUS1	0,861	0,187	0,026	0,007	0,003	0,001	1,086
TUS2	0,002	0,003	0,011	0,052	0,204	0,863	1,135

4.1.2 Analisa Perhitungan Faktor Refleksi Luar

Faktor refleksi luar mempengaruhi *daylight factor* pada titik ukur yang dilalui oleh penghalang. Pada kasus ini, titik ukur yang mendapat pengaruh dari penghalang yaitu TUT1, TUT2, TUT3 dan TUS1 pada jendela sisi barat. Berdasarkan persamaan (2.2) diperoleh nilai FRL pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil perhitungan faktor refleksi luar (frl)

Titik Ukur	FRL (%)
TUS1	0.108567
TUU1	0.247114
TUU2	0.27316
TUU3	0.242622
TUU	0
TUU4	0
TUU5	0
TUU6	0
TUS2	0

4.1.3 Analisa Perhitungan Faktor Refleksi Dalam

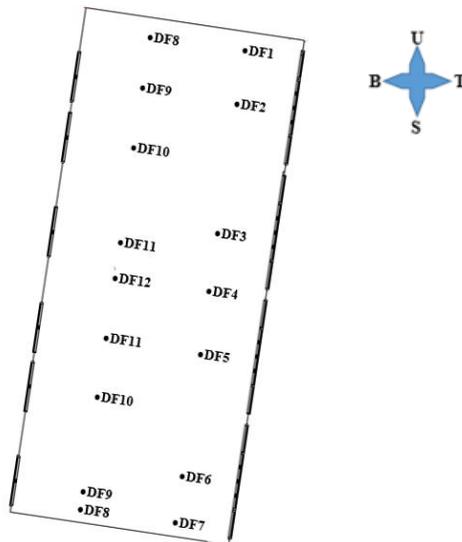
Faktor refleksi dalam dipengaruhi oleh reflektansi lantai, dinding, *ceiling*, kaca dan perlengkapan ruang baca lainnya. Dikarenakan objek penelitian yaitu bangunan baru yang belum difungsikan, maka pada perhitungan FRD hanya dipengaruhi oleh reflektansi lantai, dinding, *ceiling*, dan kaca. Nilai reflektansi material tersebut diperoleh dari percobaan yang dilakukan melalui simulasi, jika hasil tingkat pencahayaan pada simulasi mendekati hasil tingkat pencahayaan keadaan sebenarnya maka dianggap nilai reflektansi material tersebut benar dan diperoleh nilai reflektansi lantai, dinding, *ceiling*, dan kaca berturut-turut adalah 50%, 70%, 85%, dan 10%. Sehingga dengan menggunakan persamaan (2.7) diperoleh FRD sebesar 5,5588%.

Dari ketiga komponen yang telah dihitung pada tabel 4.4, faktor langit (FL) dan faktor refleksi dalam (FRD) yang memiliki pengaruh besar dalam perhitungan *daylight factor* (DF). Nilai FL dipengaruhi oleh lebar dan tinggi lubang cahaya efektif dan hubungannya berbanding lurus dengan besar nilai DF. Nilai FRD dipengaruhi oleh reflektansi masing-masing material yang diperoleh dari simulasi *existing* bangunan dengan validasi hasil pengukuran langsung tingkat pencahayaan. Semakin besar nilai reflektansi material, semakin besar material memantulkan cahaya yang diterima, maka semakin besar nilai FRD dan semakin besar pula *daylight factor* yang diterima oleh ruangan. Akan tetapi, nilai FRD bisa berubah dengan bertambahnya perlengkapan ruang baca seperti kursi, meja, almari, dan sebagainya. Nilai faktor refleksi luar (FRL) dipengaruhi oleh jarak antar penghalang dengan lubang cahaya, karena semakin dekat jarak penghalang dengan lubang cahaya maka lubang cahaya efektif akan berkurang sehingga mempengaruhi besarnya faktor langit yang diterima oleh ruangan.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai DF pada setiap titik ukur dapat ditunjukkan pada tabel 4.4 dan letak titik-titik DF ditunjukkan pada gambar 4.1, dari keseluruhan titik-titik DF menunjukkan bahwa nilai DF berada dalam rentang 6% sampai dibawah 14%.

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan *daylight factor* (df)

Titik Ukur	FL (%)	FRL (%)	FRD (%)	DF (%)
DF1	4,609	0	5,559	10.167
DF2	6,917	0	5,559	12.476
DF3	7,794	0	5,559	13.353
DF4	7,578	0	5,559	13,137
DF5	7,794	0	5,559	13.353
DF6	6,917	0	5,559	12.476
DF7	4,825	0	5,559	10.384
DF8	1,086	0,109	5,559	6,753
DF9	2,471	0,247	5,559	8,277
DF10	2,732	0,273	5,559	8,564
DF11	2,426	0,243	5,559	8,228
DF12	2,3146	0	5,559	7,873
DF13	2,799	0	5,559	8,358
DF14	2,768	0	5,559	8,327
DF15	2,062	0	5,559	7,621
DF16	1,135	0	5,559	6,694

**Gambar 4. 1** Posisi perhitungan *daylight factor*

4.2 Analisa Uji Pencahayaan Alami Siang Hari (*Daylight Factor*)

Pengujian *daylight factor* dimaksudkan untuk menguji atau memeriksa kondisi pencahayaan alami siang hari yang tertera pada Bab II. Pengujian dilakukan dengan mengukur atau memeriksa tingkat pencahayaan dan indeks kesilauan.

Analisa uji tingkat pencahayaan yang dilakukan pada titik-titik ukur dan di tempat terbuka berguna untuk mengetahui apakah perbandingan antara tingkat pencahayaan pada titik ukur dengan tingkat pencahayaan di tempat terbuka memenuhi syarat minimal sesuai ketentuan yang tertera pada Bab II atau belum. Jika sudah memenuhi syarat minimal, selanjutnya dilakukan uji indeks kesilauan dengan bantuan *software* Dialux Evo 6.2 apakah pencahayaan alami yang diterima oleh ruangan memberikan kenyamanan secara visual atau memberikan kesan silau atau mengganggu untuk mata.

4.2.1 Analisa Uji Tingkat Pencahayaan dan Indeks Kesilauan *Existing* Ruang Baca

Pengujian tingkat pencahayaan dilakukan dengan mencari faktor langit dari hasil pengukuran tingkat pencahayaan di setiap titik ukur dan di tempat terbuka. Hasil faktor langit berdasarkan ketentuan pada Bab II tabel 2.3, FLmin untuk TUU pada klasifikasi bangunan B yaitu 0,35 d. Memakai klasifikasi bangunan B karena fungsi ruang baca dominan untuk membaca dan menulis. Sedangkan untuk FLmin TUS yaitu 40% dari FLmin dan tidak boleh kurang dari 0,1 d. Dimensi ruangan memiliki lebar sebesar 6,5 meter, sehingga FLmin untuk TUU yaitu 2,275% sedangkan FLmin untuk TUS yaitu 0,91% berlaku untuk jendela sisi timur.

Pada jendela sisi barat, karena terdapat penghalang yang menyebabkan cahaya matahari tidak optimal masuk ke dalam ruangan, maka berdasarkan ketentuan SNI 03-2396-2001 diberlakukan syarat minimal faktor langit titik ukur yaitu 30% dari ketentuan pada tabel 2.3 yaitu 0,6825% untuk TUU dan 0,273% untuk TUS.

Tabel 4. 5 Pengujian hasil perhitungan faktor langit sesuai pengukuran jendela sisi timur kondisi *average sky*

Titik Ukur	Hasil Perhitungan (%)	Target Minimal (%)	Keterangan
TUT1	6,9026	2,275	Tercapai
TUT2	6,7749	2,275	Tercapai
TUT3	6,3341	2,275	Tercapai
TUT4	6,8561	2,275	Tercapai
TUU	6,4687	2,275	Tercapai
TUS1	4,4316	0,91	Tercapai
TUS2	4,9188	0,91	Tercapai

Tabel 4. 6 Pengujian hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat kondisi *average sky*

Titik Ukur	Hasil Perhitungan (%)	Target Minimal (%)	Keterangan
TUT1	1,9722	0,6825	Tercapai
TUT2	1,7401	0,6825	Tercapai
TUT3	3,0626	0,6825	Tercapai
TUT4	2,9118	0,6825	Tercapai
TUT5	4,1183	0,6825	Tercapai
TUT6	4,5128	0,6825	Tercapai
TUU	3,1972	0,6825	Tercapai
TUS1	2,1809	0,273	Tercapai
TUS2	3,2018	0,273	Tercapai

Hasil perhitungan FL diperoleh dari tingkat pencahayaan di dalam ruangan hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil tingkat pencahayaan di luar ruangan hasil pengukuran. Pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 nilai FL untuk setiap titik-titik ukur baik jendela sisi timur maupun jendela sisi barat telah memenuhi standar SNI 03-2396-2001. Sehingga dapat dikatakan bahwa ruang baca Teknik Fisika ITS layak untuk kebutuhan pencahayaan alami di dalam ruangan.

Tabel 4. 7 Pengujian hasil perhitungan faktor langit sesuai pengukuran jendela sisi timur kondisi *clear sky*

Titik Ukur	Hasil Perhitungan (%)	Target Minimal (%)	Keterangan
TUT1	5,1962	2,275	Tercapai
TUT2	5,4578	2,275	Tercapai
TUT3	4,5058	2,275	Tercapai
TUT4	4,7166	2,275	Tercapai
TUU	4,5857	2,275	Tercapai
TUS1	3,5610	0,91	Tercapai
TUS2	3,6628	0,91	Tercapai

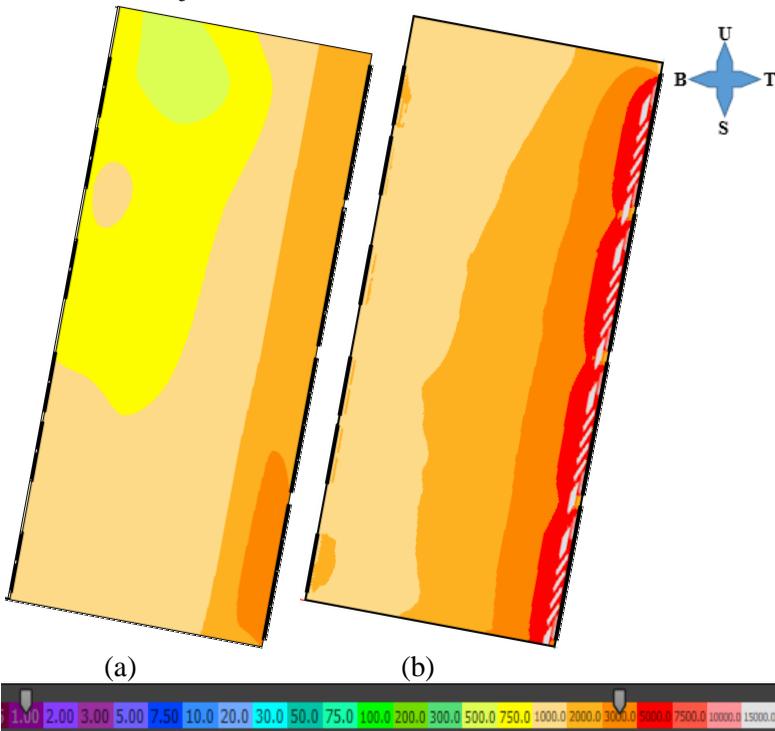
Tabel 4. 8 Pengujian hasil perhitungan faktor langit jendela sisi barat kondisi *clear sky*

Titik Ukur	Hasil Perhitungan (%)	Target Minimal (%)	Keterangan
TUT1	2,0712	0,6825	Tercapai
TUT2	2,2602	0,6825	Tercapai
TUT3	2,1802	0,6825	Tercapai
TUT4	2,2587	0,6825	Tercapai
TUT5	2,8067	0,6825	Tercapai
TUT6	3,3532	0,6825	Tercapai
TUU	1,8895	0,6825	Tercapai
TUS1	1,2151	0,273	Tercapai
TUS2	1,4884	0,273	Tercapai

Pada tabel 4.7 dan tabel 4.8 nilai FL pada titik-titik ukur telah sesuai dengan ketentuan SNI 03-2396-2001.

Gambar 4.2 menunjukkan distribusi tingkat pencahayaan *existing* bangunan. Berdasarkan distribusi tersebut warna yang paling dominan yaitu warna coklat muda menuju jingga dimana dalam legenda *false color* warna tersebut berada dalam rentang 1000 lux sampai 3000 lux, akan tetapi saat kondisi *average sky*, terdapat daerah berwarna kuning yang berarti dalam rentang 750

lux. Pada pengukuran langsung yang telah dilakukan, pada saat kondisi langit *average sky* memiliki tingkat pencahayaan 43100 lux dan pada saat kondisi langit *clear sky* memiliki tingkat pencahayaan 68800 lux keduanya diukur di tempat terbuka. Maka pencahayaan alami siang hari pada kondisi langit *average sky* yaitu sebesar 4,64% pada masing-masing TUS dan TUU minimum jendela sisi timur dan 1,74% pada TUS minimum dan TUU minimum jendela sisi barat. Pada kondisi langit *clear sky* yaitu sebesar 2,91% untuk TUS minimum dan 7,26% untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 2,91% pada masing-masing TUS dan TUU jendela sisi barat.



Gambar 4. 2 Simulasi distribusi tingkat pencahayaan *existing* bangunan (a) untuk kondisi *average sky* dan (b) untuk *clear sky*

Tabel 4.9 Hasil simulasi indeks kesilauan *existing* bangun

<i>Calculation surface (Unified Glare Rating)</i>		
	<i>Actual</i>	<i>Target</i>
Min	<10	≤ 19,0
Max	<10	≤ 19,0

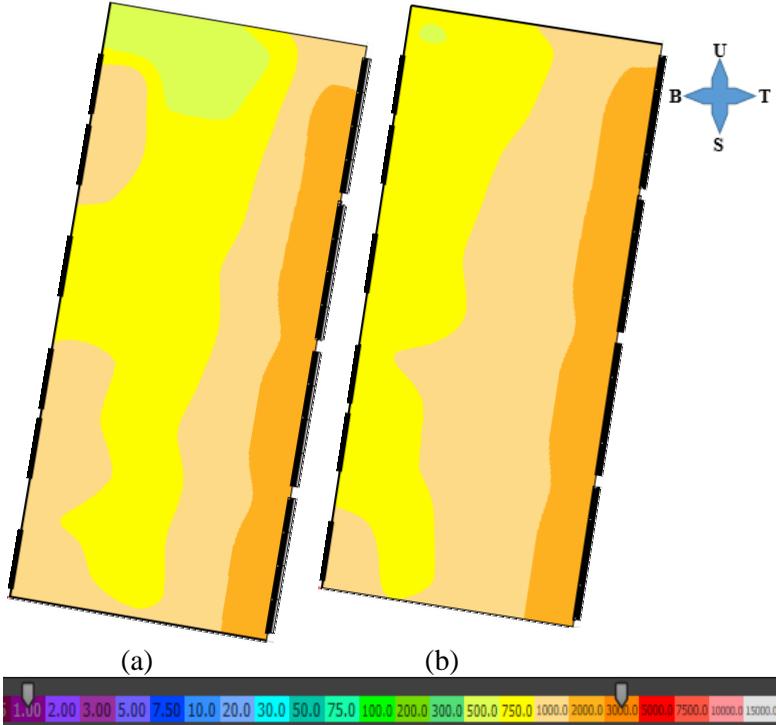
Tabel 4.9 diatas menunjukkan nilai indeks kesilauan hasil simulasi pada *existing* bangunan. Pada SNI 03-2396-2001, bangunan dengan fungsi ruangan untuk membaca menulis memiliki batas maksimum indeks kesilauan sebesar 19. Berdasarkan standar tersebut, hasil simulasi indeks kesilauan tersebut masih dapat diterima oleh pembaca atau bisa dikatakan tidak menimbulkan gangguan mata akibat silau.

4.2.2 Analisa Uji Tingkat Pencahayaan dan Indeks Kesilauan Desain Teralis Ruang Baca

Tingkat pencahayaan pada *existing* bangunan yang memiliki tingkat pencahayaan melebihi 1000 lux. Desain pertama yang dilakukan yaitu penambahan teralis pada jendela sisi timur yang merupakan jendela yang menerima cahaya matahari paling dominan.

Gambar 4.3 menunjukkan distribusi pencahayaan alami yang diterima oleh ruangan. Berdasarkan distribusi tersebut warna yang paling dominan yaitu warna kuning menuju jingga dimana dalam legenda *false color* warna tersebut berada dalam rentang 750 lux sampai 3000 lux, akan tetapi saat kondisi *average sky*, terdapat daerah berwarna hijau yang berarti dalam rentang 500 lux. Pada pengukuran langsung yang telah dilakukan, pada saat kondisi langit *average sky* memiliki tingkat pencahayaan 43.100 lux dan pada saat kondisi langit *clear sky* memiliki tingkat pencahayaan 68.800 lux keduanya diukur di tempat terbuka. Maka pencahayaan alami siang hari pada kondisi langit *average sky* yaitu sebesar 1,97% untuk TUS minimum dan 2,32% untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 1,16% untuk TUS minimum dan 1,74% untuk TUU minimum pada jendela sisi barat. Pada kondisi langit *clear sky* yaitu sebesar 1,60% untuk TUS minimum dan 1,89%

untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 1,16% untuk TUS minimum dan 1,22% untuk TUU minimum pada jendela sisi barat.



Gambar 4. 3 Simulasi distribusi tingkat pencahayaan penambahan teralis pada jendela timur (a) untuk kondisi *average sky* dan (b) untuk *clear sky*

Tabel 4. 10 Hasil simulasi indeks kesilauan penambahan teralis bangunan

<i>Calculation surface (Unified Glare Rating)</i>		
	<i>Actual</i>	<i>Target</i>
Min	<10	≤ 19,0
Max	<10	≤ 19,0

Tabel 4.10 diatas menunjukkan nilai indeks kesilauan hasil simulasi pada desain teralis bangunan. Berdasarkan standar tersebut, hasil simulasi indeks kesilauan tersebut masih dapat diterima oleh pembaca atau bisa dikatakan tidak menimbulkan gangguan mata akibat silau.

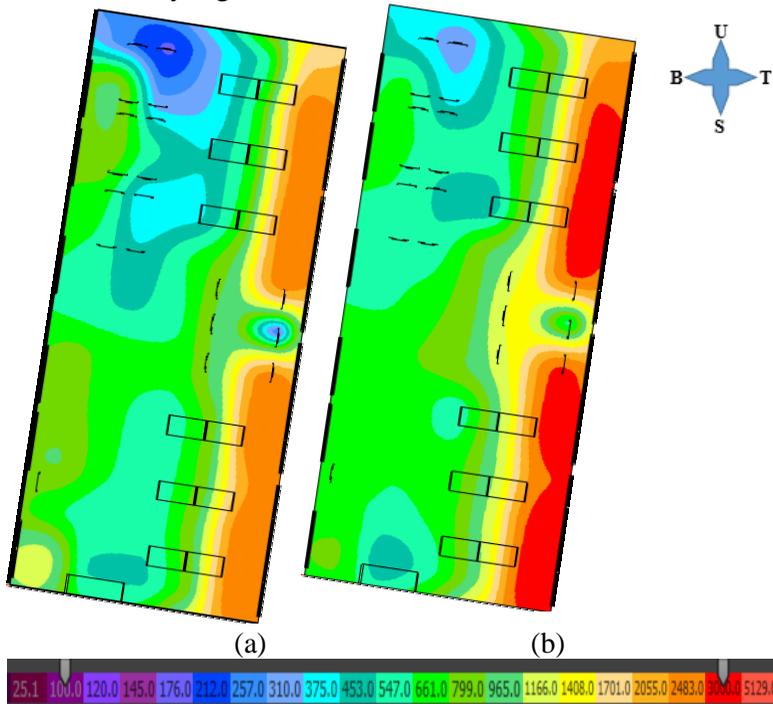
4.2.3 Analisa Uji Tingkat Pencahayaan dan Indeks Kesilauan Desain Tata Ruang Untuk Ruang Baca

Desain yang kedua yaitu dilakukan tata ruang dan pemilihan faktor reflektansi untuk setiap material. Pemilihan beberapa warna dan reflektansi material telah dilakukan dengan hasil seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Pemilihan warna dan reflektansi material

Titik DF	DF (%)					
	Biru			Coklat Muda		
	25%	35%	45%	25%	35%	45%
DF1	1,493	1,581	1,699	1,165	1,223	2,283
DF2	1,704	1,802	1,938	1,888	1,960	2,551
DF3	2,472	2,588	2,611	2,672	2,788	2,984
DF4	2,827	2,869	2,922	2,974	3,008	3,251
DF5	2,704	2,797	2,820	2,788	2,875	3,146
DF6	1,945	2,066	2,240	2,124	2,215	3,093
DF7	1,885	1,999	2,159	2,306	2,382	2,902
DF8	0,501	0,534	0,573	0,524	0,555	0,594
DF9	0,708	0,742	0,784	0,703	0,728	0,811
DF10	1,067	1,090	1,137	1,044	1,206	1,371
DF11	1,160	1,160	1,160	1,125	1,152	1,211
DF12	1,248	1,283	1,325	1,200	1,227	1,318
DF13	1,624	1,670	1,717	1,612	1,644	1,721
DF14	1,566	1,622	1,661	1,554	1,589	1,675
DF15	1,241	1,276	1,299	1,230	1,276	1,443
DF16	1,218	1,248	1,288	1,199	1,225	1,315

Standar pada SNI 03-2396-2001 yaitu lubang cahaya timur dengan fl TUS minimum 0,91% dan fl TUU maupun TUT minimum 2,275%, lubang cahaya barat dengan fl TUS minimum 0,273% dan fl TUU maupun TUT minimum 0,6875%. Pemilihan warna dan reflektansi untuk material rak buku yang memenuhi syarat yaitu rak buku dengan warna coklat muda yang memiliki reflektansi 45%.



Gambar 4. 4 Simulasi distribusi tingkat pencahayaan desain tata ruang untuk ruang baca (a) untuk kondisi *average sky* dan (b) untuk *clear sky*

Gambar 4.4 diatas menunjukkan distribusi pencahayaan alami yang diterima oleh ruangan. Berdasarkan distribusi tersebut warna yang paling dominan yaitu biru kehijauan menuju jingga

dimana dalam legenda *false color* warna tersebut berada dalam rentang 400 lux sampai 2500 lux, akan tetapi ada daerah yang berwarna nila yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat pencahayaan 350 lux. Maka pencahayaan alami siang hari pada kondisi langit average sky yaitu sebesar 2,283% untuk TUS minimum dan 2,551% untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 0,594% untuk TUS minimum dan 0,811% untuk TUU minimum pada jendela sisi barat. Pada kondisi langit clear sky yaitu sebesar 2,043% untuk TUS minimum dan 2,471% untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 0,594% untuk TUS minimum dan 0,721% untuk TUU minimum pada jendela sisi barat.

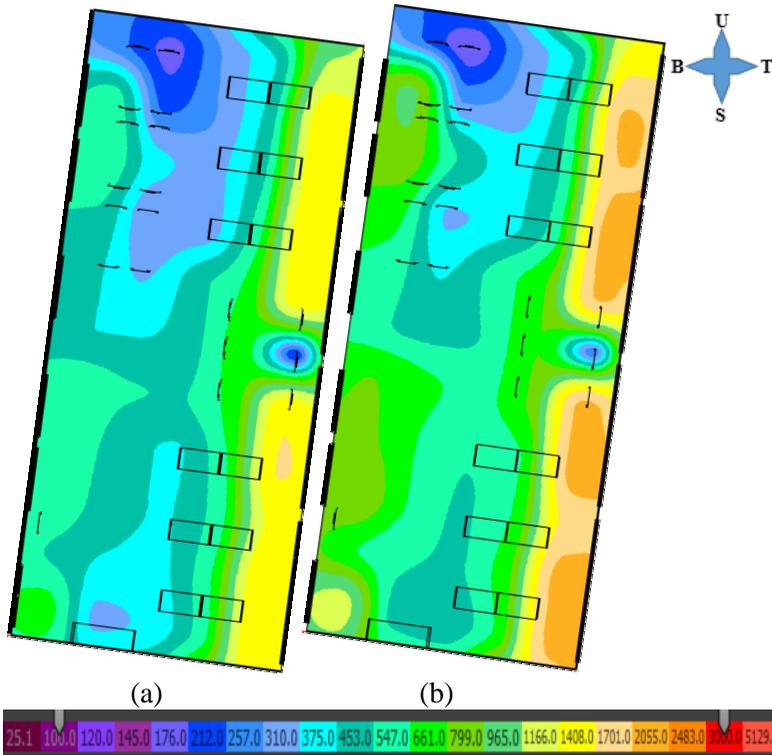
Tabel 4. 12 Hasil simulasi indeks kesilauan desain tata ruang bangunan

<i>Calculation surface (Unified Glare Rating)</i>		
	<i>Actual</i>	<i>Target</i>
Min	<10	≤ 19,0
Max	<10	≤ 19,0

Tabel 4.11 diatas menunjukkan nilai indeks kesilauan hasil simulasi pada desain tata ruang bangunan. Berdasarkan standar tersebut, hasil simulasi indeks kesilauan tersebut sama seperti desain sebelumnya bahwa masih dapat diterima oleh pembaca atau bisa dikatakan tidak menimbulkan gangguan mata akibat silau.

4.2.4 Analisa Uji Tingkat Pencahayaan dan Indeks Kesilauan Desain Tata Ruang dan Penambahan Teralis Untuk Ruang Baca

Desain yang ketiga yaitu menggabungkan antara desain pertama dan kedua. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari pemasangan teralis.



Gambar 4. 5 Simulasi distribusi tingkat pencahayaan desain tata ruang dan penambahan teralis untuk ruang baca (a) untuk kondisi *average sky* dan (b) untuk *clear sky*

Gambar 4.5 menunjukkan distribusi pencahayaan alami yang diterima oleh ruangan. Berdasarkan distribusi tersebut warna yang paling dominan yaitu biru menuju hijau dimana dalam legenda *false color* warna tersebut berada dalam rentang 300 lux sampai 600 lux dan pada sisi berdekatan dengan kaca jendela timur berwarna kuning menuju jingga yang menunjukkan memiliki tingkat kuat pencahayaan 1400 lux sampai 2000 lux. Maka pencahayaan alami siang hari pada kondisi langit *average sky* yaitu sebesar 1,04% untuk TUS minimum dan 1,27% untuk TUU

minimum pada jendela sisi timur dan 0,58% pada masing-masing TUS dan TUU minimum jendela sisi barat. Pada kondisi langit *clear sky* yaitu sebesar 0,80% untuk TUS minimum dan 1,16% untuk TUU minimum pada jendela sisi timur dan 0,36% untuk TUS minimum dan 0,65% untuk TUU minimum pada jendela sisi barat.

Tabel 4. 13 Hasil simulasi indeks kesilauan desain tata ruang dan penambahan teralis untuk ruang baca

<i>Calculation surface (Unified Glare Rating)</i>		
	<i>Actual</i>	<i>Target</i>
Min	<10	$\leq 19,0$
Max	<10	$\leq 19,0$

Tabel 4.12 diatas menunjukkan nilai indeks kesilauan hasil simulasi pada desain tata ruang dan penambahan teralis untuk ruang baca. Berdasarkan standar tersebut, hasil simulasi indeks kesilauan tersebut sama seperti desain sebelumnya bahwa masih dapat diterima oleh pembaca atau bisa dikatakan tidak menimbulkan gangguan mata akibat silau. Pengaruh faktor reflektansi material perabotan ruang baca seperti meja kursi, meja dan tata ruang lebih berpengaruh besar untuk mengurangi tingkat pencahayaan yang masuk ke ruangan sehingga tidak menimbulkan efek gangguan mata seperti mudah lelah ketika membaca.

“Halaman ini memang dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian tugas akhir ini mengevaluasi kuantifikasi kenyamanan visual pada Ruang Baca Teknik Fisika ITS yang baru. Kuantifikasi ini menggunakan faktor pencahayaan alami siang hari (*daylight factor*). Evaluasi kuantifikasi kenyamanan visual ini diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Perhitungan faktor pencahayaan alami siang hari atau *daylight factor* ruang baca Teknik Fisika ITS diperoleh DF1, DF2, DF3, DF4, DF5, DF6, DF7, DF8, DF9, DF10, DF11, DF12, DF13, DF14, DF15, DF16 berturut-turut sebesar 10,167%; 12,467%; 13,353%; 13,137%; 13,353%; 12,476%; 10,384%; 6,753%; 8,277%; 8,564%; 8,228%; 7,873%; 8,358%; 8,327%; 7,621%; dan 6,694%. Faktor langit dan faktor refleksi dalam yang paling mempengaruhi besarnya nilai DF. Nilai faktor langit setiap titik ukur telah memenuhi syarat minimum sesuai SNI 03-2396-2001.
- b. Pengujian *daylight factor* dilakukan dengan melihat tingkat pencahayaan dan tingkat kesilauan pada ruang baca. Berdasarkan SNI 03-2396-2001 diperoleh standar DF minimum yaitu 0,91% dan 2,275% untuk TUS dan TUU pada jendela sisi timur, pada jendela sisi barat yaitu 0,273% dan 0,682% untuk TUS dan TUU, sedangkan indeks kesilauan maksimum yaitu 19. Berdasarkan simulasi menggunakan *software* Dialux Evo 6.2 diperoleh hasil pada saat kondisi *average sky* dan *clear sky, existing* bangunan dan perancangan desain kedua diperoleh DF melebihi standar minimum dan indeks kesilauan kurang dari standar maksimum, desain pertama dan ketiga diperoleh DF kurang dari standar minimum tetapi memiliki indeks kesilauan kurang dari standar maksimum. Dari ketiga desain bisa diperoleh kesimpulan bahwa desain kedua yaitu desain dengan tata ruang dan pemilihan faktor reflektansi material sudah

memenuhi minimum faktor langit dengan indeks kesilauan kurang dari 19.

5.2 Saran

Penulis memberikan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

- a. Untuk validasi hasil simulasi dapat dilakukan dengan pengukuran langsung tingkat pencahayaan pada titik-titik ukur dan di tempat terbuka secara bersamaan.
- b. Untuk lebih mengetahui indeks kesilauan secara detail dapat belajar lebih lanjut mengenai perhitungan *Glare Index* sesuai CIBSE *Publication* TM-10 dan simulasi menggunakan *software* yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. D. & O. V. Egan, *Architectural Lighting Second Edition*, New York: McGraw-Hill, 2002.
- [2] P. Manurung, *Pencahayaan Alami dalam Arsitektur*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2012.
- [3] K. K. R. Indonesia, “Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri,” Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, 2002.
- [4] H. J. & A. Asyari, “Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya,” dalam *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS ISSN : 1412-9612*, Surakarta, 2012.
- [5] B. Susanto dan A. Seno, “Optimalisasi Pencahayaan Alami pada Ruang Baca Perpustakaan Sekolah Alam Madinah School Serpong,” p. 1, 2015.
- [6] D. Nurlihawanti, “Pengaruh Pencahayaan Alami Bangunan Akademik di Daerah Tropis Lembab Terhadap Kenyamanan Visual Studi Kasus ITS Surabaya,” Program Pascasarjana Jurusan Arsitektur ITS, Surabaya, 2015.
- [7] S. 03-2396-2001, “Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung,” BSN, Jakarta.
- [8] J. Mohelnikova dan J. Hirs, “Effect of Externally and Internally Reflective Components on Interior Daylighting,” *Journal of Building Engineering*, no. 7, pp. 31-37, 2016.
- [9] P. Satwiko, *Fisika Bangunan*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2009.
- [10] J. Riha, “Save Energy and Feel Better with Daylighting,” National Association Of REALTORS, Washington DC, 2016.
- [11] L. G. Harn, M. Hirning, N. Keumala dan N. A. Ghafar, “Daylight performance and users visual appraisal for green building offices in Malaysia,” *Energy and Building*, vol. 141,

pp. 175-185, 2017.

- [12] L. D. Vilarino, S. Laguela, J. Armesto dan P. Arias, "Indoor daylight simulation performed on automatically generated as-built 3D models," *Energy and Building*, vol. 68, pp. 54-62, 2014.
- [13] C. L. Robbins, *DAYLIGHTING : Design and Analysis*, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
- [14] W. Kim dan J. T. Kim, "A Formula of the Position Index of a Glare Source in the Visual Field," *3rd International Symposium on Sustainable Healthy Buildings; Seoul, Korea.*, 2010.

LAMPIRAN PERHITUNGAN *DAYLIGHT FACTOR*

A. Perhitungan Faktor Langit

· Lubang I Jendela Timur

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,1}) = FL_{AHGD} + FL_{HBCG}$$

L, H, D untuk FL_{AHGD} 1,7 m, 1,45 m, 2,16 m dan L, H, D untuk FL_{HBCG} 1,7 m, 1,45 m, 2,16 m.

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,1}) = \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \tan^{-1} \frac{L/D}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \right] + \frac{1}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \tan^{-1} \frac{L/D}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}} \right]$$

$$FL_{ABCD}(TUT_{T,1}) = 0,0593$$

Faktor Langit Jendela Timur				
Titik Ukur	Lubang Ke-			
	I	II	III	IV
TUT1	0,0593	0,0089	0,0008	0,0002
TUT2	0,0089	0,0593	0,0089	0,0008
TUT3	0,0008	0,0089	0,0593	0,0089
TUT4	0,0002	0,0008	0,0089	0,0593
TUU	0,0024	0,0366	0,0346	0,0022
TUS1	0,0427	0,0029	0,0004	0,0001
TUS2	0,0001	0,0004	0,0031	0,0447

Faktor Langit Jendela Barat						
Titik Ukur	Lubang Ke-					
	I	II	III	IV	V	VI
TUT1	0,0167	0,0071	0,0007	0,0001	0,0001	0,00002
TUT2	0,0071	0,0167	0,0030	0,0004	0,0001	0,00004
TUT3	0,0007	0,0030	0,0167	0,0030	0,0007	0,0001
TUT4	0,0001	0,0004	0,0030	0,0167	0,0071	0,0007
TUT5	0,0001	0,0001	0,0007	0,0071	0,0167	0,0030
TUT6	0,0000	0,0000	0,0001	0,0007	0,0030	0,0167
TUU	0,0004	0,0015	0,0135	0,0062	0,0013	0,0002
TUS1	0,0086	0,0019	0,0003	0,0001	0,00003	0,00001
TUS2	0,00002	0,00003	0,0001	0,0005	0,0020	0,0086

B. Perhitungan Faktor Refleksi Luar

Titik Ukur	(FL)p	Reflektansi Penghalang	FRL
TUT1	2,471	0,2	0,247
TUT2	2,732		0,273
TUT3	2,426		0,243
TUT4	0		0
TUT5	0		0
TUT6	0		0
TUU	0		0
TUS1	1,086		0,109
TUS2	0		0

C. Perhitungan Faktor Refleksi Dalam

- Luas total permukaan ruang baca

$$A = 2 [(15 \times 3) + (6,5 \times 3) + (15 \times 6,5)] = 324 \text{ m}^2$$
- Luas dinding timur

$$A_{D,T} = (15 \times 3) - (4 \times 1,8 \times 0,85 \times 4) = 20,52 \text{ m}^2$$

- Luas dinding barat
 $A_{D,B} = (15 \times 3) - [(4 \times 1,5 \times 1,6) + (2 \times 1,5 \times 2,1)] = 29,1 \text{ m}^2$
- Luas dinding total
 $A_D = 20,52 + 29,1 = 88,62 \text{ m}^2$
- Luas jendela total
 $A_J = (4 \times 1,8 \times 0,85 \times 4) + (4 \times 1,5 \times 1,6) + (2 \times 1,5 \times 2,1) = 40,38 \text{ m}^2$

Asumsi:

$$R_c = 0,84$$

$$R_f = 0,5$$

$$R_w = 0,7$$

$$R_g = 0,1$$

	A	R	A x R
Ceiling	97,5	0,84	81,9
Lantai	97,5	0,5	48,75
Dinding	88,62	0,7	62,034
kaca	40,38	0,1	4,038
Total	324	Total	196,722

Sehingga $R_{avg} = 0,607167$

$$R_{fw} = 0,533$$

$$R_{cw} = 0,8167$$

C dari hasil interpolasi sebesar 28,86433547

Sehingga, FRD diperoleh sebesar 5,558805061%

“Halaman ini memang dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Nama penulis Nike Besta Sari dilahirkan di Surabaya, tanggal 17 Juli 1995 dari bapak yang bernama Totok Pujo Purnomo dan ibu bernama Harni. Saat ini penulis tinggal di Jalan Raya Dongko-Panggal RT 03 RW 01, Desa Dongko Kecamatan Dongko Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 5 Dongko pada tahun 2007, pendidikan di SMPN 1 Dongko pada tahun 2010, pendidikan di SMAN 1 Trenggalek pada tahun 2013 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang.

Pada bulan Juni 2017 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Kuantifikasi Kenyamanan Visual Dengan *Daylight Factor Method* Pada Ruang Baca Teknik Fisika ITS**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email* : nikebesta@gmail.com

