



**universitas
MALIKUSSALEH**

**ANALISA PENCAHAYAAN ALAMI RUANG KELAS PADA SEKOLAH
SMA NEGERI-1 TANJUNG PURA MENGGUNAKAN DIALUX EVO 11.1**

SKRIPSI

**Disusun sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Arsitektur
Prodi Arsitektur Fakultas Teknik
Universitas Malikussaleh**

DISUSUN OLEH:

**NAMA : ARJU KHOIRUNNISA
NIM : 190160012
PRODI : ARSITEKTUR**

**PROGRAM STUDI ARSITEKTUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2023**

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arju Khoirunnisa
NIM : 190160012
Fakultas/ Prodi : Teknik / Prodi Arsitektur

Dengan ini menyatakan skripsi yang berjudul:

Analisa Pencahayaan Alami Ruang Kelas pada Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura Menggunakan Dialux Evo 11.1

adalah hasil kerja tulisan saya sendiri didampingi dosen pembimbing bukan hasil plagiat dari karya ilmiah orang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari ternyata terbukti bahwa skripsi yang saya tulis adalah plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku, dan saya bertanggung jawab secara mandiri tidak ada sangkut pautnya dengan Dosen Pembimbing dan kelembagaan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 20 Desember 2023

Penulis



Arju Khoirunnisa

NIM. 190160012

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisa Pencahayaan Alami Ruang Kelas pada Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura Menggunakan Dialux Evo 11.1
Nama Mahasiswa : Arju Khoirunnisa
NIM : 190160012
Program Studi : S1 Arsitektur
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama : Adi Safyan, S.T., M.Sc.
Pembimbing Pendamping : Fidyati, S.Pd.I., M.ed
Ketua Penguji : Dr. Eng. Muhammad Iqbal., S.T., M.Sc
Anggota Penguji : Dela Andriani S.T., M.T.

Lhokseumawe, 20 Desember 2023

Penulis,



Arju Khoirunnisa
NIM 190160012

Menyetujui:

Pembimbing Utama,



Adi Safyan, S.T., M.Sc.
NIP 196501072003121001

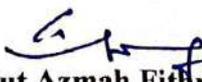
Pembimbing Pendamping,



Fidyati, S.Pd.I., M.Ed
NIP 198306022014042002

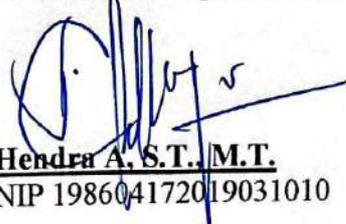
Mengetahui:

Sekretaris Jurusan,



Cut Azmah Fithri, S.T., M.T
NIP 197211072008122001

Koordinator Program Studi,



Hendra A., S.T., M.T.
NIP 198604172019031010

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan meyebut nama Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji syukur kehadirat Allah Swt. yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam penulis ucapkan kepada baginda besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman kebodohan hingga zaman penuh ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisa Pencahayaan Alami Ruang Kelas pada Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura Menggunakan Dialux Evo” dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Arsitektur Universitas Malikussaleh.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari doa, bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, ST., M.T., IPM., Asean. Eng. Selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Hendra A, S.T., M.T selaku Kepala Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh dan selaku dosen Akademik.
4. Bapak Adi Safyan Yahya, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan.
5. Ibu Fidyati, S.Pd.I., M.Ed selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan.
6. Bapak Dr. Eng. Muhammad Iqbal., S.T., M.Sc selaku dosen penguji I yang telah membantu memberikan kritikan, saran dan masukkan untuk kesempurnaan skripsi ini.
7. Ibu Dela Andriani S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah membantu memberikan kritikan, saran dan masukkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

8. Bapak dan ibu dosen serta staf akademik yang telah membantu penulis selama mengikuti perkuliahan di Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh.
9. Teristimewa Kedua Orang Tua Tercinta, Almarhum Papa Abdul Haris, dan Almarhumah Ibu Nur'aini yang sudah berada di surga. Terima kasih atas segala doa, dukungan, pengorbanan, dan cinta yang berlimpah ruah yang sudah diberikan kepada penulis selama masa hidup kalian. Terimakasih telah mendidik dengan penuh kasih sayang dan doa yang selalu mengiringi langkah penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Kepada Keluarga Besar Kakek Surip dan Keluarga Besar Kakek Selo Sumartono yang telah memberikan dukungan, masukan, semangat, motivasi dan cinta kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kepada Wali Kelas SMA Ibu Arhamna dan keluarga, terimakasih telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan masa perkuliahan hingga sampai pada tahap akhir ini.
12. Kepada Keponakan penulis yaitu Mbak Lala, terimakasih telah membantu penulis dalam melakukan masa penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik.
13. Sahabat Penulis, yang menjadi semangat menjalani perkuliahan dari awal hingga akhir terima kasih atas dukungannya yang telah menemani penulis dalam suka dan duka perkuliahan, pengertian serta kebersamaan kalian.
14. Kepada teman-teman penulis, yang tidak dapat disebutkan oleh penulis, terima kasih telah menemani perjalanan perkuliahan baik suka maupun duka, yang senantiasa selalu memberikan *support*, candaan, kebersamaan dan rasa kekeluargaan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
15. Semua orang yang tidak dapat disebut satu persatu yang terlibat dan banyak membantu secara langsung maupun tidak langsung.
16. Terutama dan paling utama terima kasih untuk diri sendiri sudah bertahan, berjuang dan berusaha menjadi lebih baik hingga saat ini.

Penulis sudah berusaha menyelesaikan proposal skripsi ini dengan semaksimal mungkin, namun apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan, bahasa maupun penulisan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai acuan penulis untuk lebih baik kedepannya. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan kearah yang lebih baik.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Lhokseumawe, 20 Desember 2023

Penulis,



Arju Khoirunnisa

**Analisa Pencahayaan Alami Ruang Kelas pada Sekolah SMA N-1 Tanjung
Pura Menggunakan Dialux Evo 11.1**

Nama : Arju Khoirunnisa
Nim : 190160012
Pembimbing : 1. Adi Safyan. S.T., M.Sc
2. Fidyati. S.Pd.I., M.Ed

ABSTRAK

Pencahayaan alami (*Daylighting*) merupakan penggunaan cahaya alami sebagai sumber utamanya matahari untuk pencahayaan. Dalam lingkungan pendidikan, ruang kelas adalah ruang yang paling sering digunakan dibandingkan dengan ruang lainnya. Oleh karena itu, diperlukan pencahayaan yang memadai untuk mendukung kegiatan belajar mengajar di dalamnya. Berdasarkan pengamatan di SMA N-1 Tanjung Pura, ruang kelas cenderung memiliki tingkat pencahayaan yang rendah, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti vegetasi, bangunan sekitar, dan keterbatasan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pencahayaan alami, khususnya faktor pencahayaan alami (*daylight factor*), di ruang kelas SMA N-1 Tanjung Pura sesuai dengan standar SNI 03-6197-2011, yang menetapkan tingkat pencahayaan sebesar 350 *Lux*. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengukur tingkat pencahayaan menggunakan *Lux meter* dan melakukan simulasi komputer dengan perangkat lunak *Dialux Evo 11.1*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa ruang kelas tidak memenuhi standar karena memiliki tingkat pencahayaan yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Kata kunci: Pencahayaan alami, faktor pencahayaan alami, ruang kelas, Dialux Evo 11.1, simulasi komputer

**Analisa Pencahayaan Alami Ruang Kelas pada Sekolah SMA N-1 Tanjung
Pura Menggunakan Dialux Evo 11.1**

Nama : Arju Khoirunnisa
Nim : 190160012
Pembimbing : 1. Adi Safyan. S.T., M.Sc
2. Fidyati. S.Pd.I., M.Ed

ABSTRACT

Natural lighting (Daylighting) is the use of natural light as the main source of sunlight for lighting. In an educational environment, the classroom is the space that is most frequently used compared to other spaces. Therefore, adequate lighting is needed to support teaching and learning activities inside. Based on observations at SMA N-1 Tanjung Pura, classrooms tend to have low lighting levels, which are influenced by factors such as vegetation, surrounding buildings and limited land. This research aims to analyze the effectiveness of natural lighting, especially the natural lighting factor (daylight factor), in the classrooms of SMA N-1 Tanjung Pura in accordance with the standard SNI 03-6197-2011, which sets a lighting level of 350 Lux. The research method uses a quantitative approach by measuring lighting levels using a Lux meter and carrying out computer simulations with Dialux Evo 11.1 software. The research results show that some classrooms do not meet the standards because they have lighting levels that are lower or higher than those specified in the standards.

Keywords: *Natural lighting, natural lighting factors, classroom, Dialux Evo 11.1, computer simulation*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
1.7 Kerangka Berpikir	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pencahayaan	8
2.2 Pencahayaan Alami	9
2.3 Tujuan Penerangan Alami.....	10
2.4 Perencanaan Penerangan Alami	10
2.5 Pencahayaan Alami pada Ruang Kelas	11
2.6 Ketentuan Dasar Perhitungan Pencahayaan Alami	13

2.6.1	Pencahayaan Alami Siang Hari.....	13
2.6.2	Tingkat Pencahayaan Alami pada Ruang	13
2.6.3	Komponen Pencahayaan Alami Siang Hari.....	13
2.6.4	Faktor Langit (FL)	15
2.6.5	Titik Pengukuran.....	15
2.6.6	Lubang Cahaya Efektif.....	17
2.7	Jenis Pencahayaan	18
2.7.1	Pencahayaan Alami.....	18
2.7.2	Pencahayaan Buatan	19
2.8	Istilah dan Satuan dalam Sistem Pencahayaan.....	19
2.9	Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.1.1	Lokasi Penelitian.....	24
3.1.2	Waktu Penelitian	25
3.2	Metode Penelitian.....	25
3.3	Sumber Data	30
3.4	Populasi dan Sampel Penelitian.....	32
3.5	Teknik Analisis Data.....	35
3.6	Alat Penelitian	36
3.7	Variabel Penelitian.....	38
3.8	Tahapan Penelitian.....	39
3.9	Diagram Alur Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Deskripsi Objek Penelitian.....	41

4.2 Analisis Distribusi Pencahayaan Alami pada Ruang Kelas.....	48
4.3 Analisis Intensitas Pencahayaan Alami Berdasarkan Dimensi Bukaannya dan Orientasi Bukaannya	78
4.4 Simulasi Pencahayaan Alami dengan Dialux Evo.....	84
BAB V PENUTUP	117
5.1 Kesimpulan.....	117
5.2 Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA	119
BIODATA MAHASISWA	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan	12
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu	22
Tabel 3.1 Deskripsi ruang kelas sebagai sampel	33
Tabel 3.2 Variabel penelitian	38
Tabel 4.1 Denah dan tampak sampel	45
Tabel 4.2 Penentuan titik ukur	49
Tabel 4.3 Nilai rata-rata pencahayaan alami berdasarkan SNI 7062-2019 pada kondisi langit cerah	58
Tabel 4. 4 Nilai rata-rata pencahayaan alami berdasarkan SNI 7062-2019 pada kondisi langit mendung	67
Tabel 4. 5 Hasil keseluruhan tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas pada saat kondisi langit cerah	76
Tabel 4. 6 Hasil keseluruhan tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas pada saat kondisi langit mendung	77
Tabel 4. 7 Hasil simulasi sampel pada saat kondisi langit cerah	90
Tabel 4. 8 Hasil simulasi pencahayaan alami ruang kelas pada saat kondisi langit cerah	106
Tabel 4. 9 Hasil simulasi pencahayaan alami ruang kelas pada saat kondisi langit mendung	107
Tabel 4. 10 Hasil simulasi dengan merubah cat putih	108
Tabel 4. 11 Hasil simulasi dengan merubah lebar dan tinggi bukaan	110
Tabel 4. 12 Hasil simulasi dengan menghilangkan bangunan sekitar dan vegetasi	112
Tabel 4. 13 Hasil simulasi menggunakan pencahayaan buatan	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka penelitian	7
Gambar 2.1 Komponen langit	14
Gambar 2. 2 Komponen refleksi luar	14
Gambar 2.3 Komponen refleksi dalam	14
Gambar 2.4 Tinggi cahaya	16
Gambar 2.5 Lebar cahaya	16
Gambar 2.6 Cara menentukan TUU dan TUS	17
Gambar 2. 7 Fluks/sejumlah cahaya yang dihasilkan sumber cahaya	19
Gambar 2. 8 Intensitas cahaya sebagai fluks cahaya per steradian	20
Gambar 2. 9 Contoh pencahayaan dalam sebuah ruangan (a) Arah iluminasi horizontal (b) Arah iluminasi vertikal	21
Gambar 3.1 Peta Kabupaten Langkat.....	24
Gambar 3.2 Contoh penentuan titik pengukuran pencahayaan umum dengan luas 25 m ²	26
Gambar 3.3 Penentuan titik ukur setempat pada bidang datar meja (a) Penempatan sensor datar dengan meja (b) Penempatan sensor miring dari meja	27
Gambar 3.4 Pengukuran pada bidang vertikal	27
Gambar 3.5 Pengukuran pada meja kerja	27
Gambar 3.6 Pengukuran pada stasiun kerja komputer	28
Gambar 3.7 Lux meter	28
Gambar 3.8 Ruang kelas yang terhalang bangunan lain (a) Ruang Kelas X IIS 2 (b) Ruang Kelas X IIS 3	30
Gambar 3.9 Koridor kelas yang gelap (a) Koridor di depan kelas MIA, (b) Koridor di depan kelas IIS	31
Gambar 3.10 Tumbuhan liar yang tinggi di samping kelas X MIA 3	31
Gambar 3.11 Bangunan toko di sekitar sekolah	32
Gambar 3.12 Teknis analisis data	35

Gambar 3.13 Meteran.....	36
Gambar 3.14 Lux Meter	37
Gambar 3 15 Alur penelitian	40
Gambar 4.1 Tampak luar sekolah	41
Gambar 4.2 Tampak dalam lingkungan sekolah	41
Gambar 4. 3 Denah sekolah SMA N-1 Tanjung Pura	42
Gambar 4. 4 Denah lokasi sampel	44
Gambar 4. 5 Grafik nilai rata-rata pencahayaan alami pada kondisi langit cerah	66
Gambar 4. 6 Grafik nilai rata-rata pencahayaan alami pada kondisi langit mendung	75
Gambar 4. 7 Sampel 1 (R.K X MIA 3)	78
Gambar 4. 8 Sampel 2 (R.K X MIA 2)	79
Gambar 4. 9 Sampel 3 (R.K XI MIA 2)	79
Gambar 4. 10 Sampel 4 (R.K XII MIA 3)	80
Gambar 4. 11 Sampel 5 (R.K X MIA 5)	81
Gambar 4. 12 Sampel 6 (R.K X MIA 7)	81
Gambar 4. 13 Sampel 7 (R.K X IIS 2)	82
Gambar 4. 14 Sampel 8 (R.K X IIS 3)	83
Gambar 4. 15 Tampilan awal <i>Dialux Evo</i>	84
Gambar 4. 16 Import geometri 2D (CAD)	84
Gambar 4. 17 Pemodelan 3D	85
Gambar 4. 18 Hasil pemodelan 3D <i>Dialux Evo</i>	86
Gambar 4. 19 Mengatur fungsi dan intensitas cahaya ruangan	86
Gambar 4. 20 Tahap simulasi intensitas pencahayaan alami pada <i>Dialux Evo</i>	87
Gambar 4. 21 Proses simulasi	87
Gambar 4. 22 Hasil simulasi <i>Dialux Evo</i>	88
Gambar 4. 23 Peredaran semu matahari	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cahaya merupakan jenis energi yang sangat esensial dan diperlukan oleh semua organisme yang ada di planet ini. Kehidupan tidak bisa berfungsi secara optimal tanpa keberadaan cahaya. Segala bentuk kehidupan, baik secara langsung atau tidak langsung, bergantung pada kehadiran cahaya. Cahaya bukan hanya dimanfaatkan oleh manusia, tetapi juga oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis yang menghasilkan karbohidrat yang dapat bermanfaat bagi manusia. Selain itu, binatang menggunakan cahaya sebagai sumber informasi tentang lingkungan mereka. Tidak dapat disangkal bahwa manusia sangat bergantung pada cahaya untuk penglihatan visual dan pengamatan objek. Nurhaiza dan Lisa (2016) mengatakan bahwa pencahayaan memiliki peran yang sangat vital dan diperlukan oleh manusia untuk pengamatan, pengetahuan, dan pembelajaran tentang lingkungan sekitar kita. Dalam konteks bangunan, pencahayaan memiliki fungsi penting dalam memastikan keselamatan manusia, memungkinkan persepsi visual, serta mendukung kreativitas dalam membentuk lingkungan secara visual (Nurhaiza & Lisa, 2016).

Pencahayaan juga merupakan elemen penting dalam ruangan, terutama dalam konteks ruang belajar. Tingkat kualitas pencahayaan sangat memengaruhi efektivitas proses pengajaran dan pembelajaran. Oleh karena itu, dalam lingkungan ruang belajar, perlu diperhatikan sistem pencahayaan serta intensitas pencahayaan yang sesuai dengan standar untuk mencapai keberhasilan proses belajar mengajar. Subagyo (2017) menjelaskan bahwa menggunakan pencahayaan yang sesuai dan tingkat penerangan yang memadai, suasana dalam kegiatan pembelajaran dapat meningkat, menciptakan suasana yang lebih nyaman dan menyenangkan bagi para peserta didik. Ketika pencahayaan dalam ruang belajar tidak memadai, hal ini dapat mengakibatkan penglihatan buruk, ketidakjelasan pandangan, serta potensi silau, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kelelahan mata dan mengganggu

kelancaran aktivitas dalam proses belajar mengajar. Tujuan utama pencahayaan adalah untuk menerangi suatu ruangan guna menunjang aktivitas yang berlangsung di sana. Selain itu, pencahayaan juga berperan penting dalam menciptakan nilai tambah pada suatu ruangan, misalnya dengan menciptakan suasana yang sesuai serta mempengaruhi efek fisik dan psikologis yang terkait terhadap cahaya (Wisnu & Indarwanto, 2017).

Menurut SNI 03-6197 (2011) mengenai konservasi sistem pencahayaan pada bangunan, standar ini berisi ketentuan terkait panduan pencahayaan untuk gedung, di mana sistem pencahayaan dapat dijalankan secara optimal tanpa perlu mengurangi atau mengubah fungsi bangunan. Standar ini juga memperhatikan kenyamanan dan produktivitas para penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

Pentingnya mempertimbangkan pencahayaan dalam perancangan fasilitas sekolah tidak dapat diabaikan. Menurut Keputusan Menkes RI No. 1429/MENKES/SK/XII/2006, standar pencahayaan yang disarankan untuk ruang kelas di sekolah berkisar antara 200 hingga 300 lux. Pencahayaan yang kurang optimal, baik terlalu redup atau terlalu terang, dapat menyebabkan kelelahan pada mata sehingga mempengaruhi produktivitas seseorang. Mata cenderung berusaha terlalu keras untuk menyesuaikan dengan kondisi pencahayaan yang tidak tepat, yang dapat berakibat pada gejala seperti mata perih, mata berair, ngantuk dan rasa pusing, yang semuanya merupakan tanda-tanda kelelahan mata (Witjaksono & Kurniasari, 2018). Wiyanti dan Martiana (2015) menyatakan terdapat korelasi yang signifikan antara tingkat kecerahan pencahayaan dan tingkat kelelahan mata. Pratama (2019) melaporkan bahwa terlihat pengaruh yang positif antara kondisi fisik lingkungan kerja dan tingkat kebosanan. Salah satu faktor dalam lingkungan fisik kerja yang memainkan peran penting adalah pencahayaan. Penggunaan pencahayaan alami dalam desain bangunan memberikan banyak keuntungan, baik secara visual maupun dalam pengurangan konsumsi energi. Selain berpengaruh terhadap kinerja bangunan, pencahayaan alami memiliki dampak signifikan pada produktivitas dan kesehatan manusia. Ini mencakup bantuan dalam produksi

vitamin D, penurunan kadar kolesterol, pengurangan risiko kanker, peningkatan sirkulasi darah, dan berbagai manfaat lainnya (Mediastika, 2013).

Sekolah merupakan sarana untuk menuntut ilmu. Kualitas proses belajar mengajar di kelas dapat ditingkatkan jika didukung dengan fasilitas yang memadai dan berkualitas. Penataan pencahayaan di dalam kelas dapat mempengaruhi kenyamanan belajar siswa, selain memberikan kenyamanan kepada siswa juga mempengaruhi kelancaran guru pada saat proses mengajar (Budiman & Indrani, 2012). Hakim (2014) menyatakan bahwa ruang kelas bukan hanya sekedar tempat belajar tetapi juga tempat yang nyaman, sehat, dan efektif, serta harus memenuhi kebutuhan kenyamanan dan kesehatan peserta didik.

Kabupaten Langkat, yang terletak di Sumatera Utara, dikenal memiliki jumlah sekolah yang cukup signifikan. Salah satunya yaitu sekolah yang cukup terkenal di Kecamatan Tanjung Pura yaitu SMAN 1 Tanjung Pura. Sekolah SMA negeri yang hanya ada satu-satunya di Kota Tanjung Pura ini memiliki peminat yang sangat banyak atau menjadi salah satu sekolah terfavorit dan dulunya sekolah ini merupakan sekolah model atau sekolah percontohan di Kota Tanjung Pura. SMA Negeri 1 Tanjung Pura terletak di Jalan Sudirman Nomor 52, di Pekan Tanjung Pura, wilayah Kecamatan Tanjung Pura, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara, dengan kode pos 20853. Sekolah ini memiliki akreditasi A. meskipun sudah memiliki akreditasi yang bagus sekolah ini masih mengalami beberapa kendala mengenai pencahayaan dalam ruang. Sehingga menyebabkan kurangnya efektivitas dalam proses belajar mengajar yang ada di dalamnya.

Setiap ruangan tentunya harus nyaman dari segi kenyamanan termal dan kenyamanan visual. Bangunan Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura memiliki lahan yang terbatas sehingga pada pembangunannya cenderung gelap pada beberapa ruang belajarnya karena penempatan tata ruang yang saling berdekatan sehingga menciptakan lorong-lorong yang gelap. Bahkan ada ruangan yang berada di dalam ruangan lainnya. Pada bagian samping dan belakang sekolah juga terdapat rawa-rawa yang memiliki rumput yang tinggi yang menjadi penghalang masuknya sinar matahari ke dalam kelas. Sekolah SMAN 1 Tanjung Pura ini juga berdekatan dengan bangunan-bangunan lain yang lebih tinggi dikarenakan sekolah tersebut

berada di pusat kota dan termasuk sekolah yang cukup tua yang berada di Kecamatan Tanjung Pura. Bangunan lain yang berada di sekitar sekolah tersebut menyebabkan pencahayaan yang masuk tidak optimal dan menjadi terhambat atau terhalang masuk ke dalam lingkungan sekolah. Oleh karena itu penulis mencoba meneliti mengenai pencahayaan alami yang ada di lingkungan sekolah tersebut, apakah pencahayaan alaminya memenuhi standar atau tidak.

Sekolah SMA N-1 Tanjung pura memiliki orientasi bangunan cenderung kearah Timur Barat dengan luas bukaan pada tiap ruang kelas berbeda, untuk sampel 1 dan 2 memiliki bukaan 1 m lantai dasar dengan lebar 1,5 m dan tinggi 1 m. Untuk sampel 2 memiliki bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar 1 m dan tinggi 50 cm. Sampel 4 memiliki bukaan 80 cm dari lantai dasar dengan lebar 1,2 m dan tinggi 1 m. Sedangkan sampel 5, 6, 7, dan 8 memiliki bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar bervariasi mulai 1 m – 2,5 m dengan tinggi 50 cm pada bagian depan kelas sedangkan pada bagian belakang kelas memiliki lebar rata-rata 2 m dengan tinggi 1 m.

Dalam penelitian ini digunakan teknik pemodelan komputer dengan menggunakan *software Dialux Evo 11.1* dan pendekatan kuantitatif dengan *lux meter*. Selain itu, simulasi komputer akan memfasilitasi penelitian dan menghasilkan beberapa keuntungan yang telah terbukti lebih akurat (Mahaputri, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Dengan konteks yang telah dijelaskan sebelumnya, perumusan permasalahan yang sedang diteliti adalah:

1. Apakah pencahayaan alami pada ruang kelas di sekolah SMA N-1 Tanjung Pura sudah memenuhi standar?
2. Bagaimana solusi yang dapat diberikan kepada sekolah SMA N-1 Tanjung Pura agar memenuhi standar pencahayaan yang baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, tujuan penelitian yaitu:

1. Untuk mengetahui kinerja pencahayaan pada bangunan sekolah SMA N-1 Tanjung Pura sudah memenuhi standar atau belum.
2. Memberikan solusi pada sekolah SMA N-1 Tanjung Pura agar pencahayaan yang masuk bisa lebih optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dimaksudkan untuk memajukan pemahaman ilmiah tentang perlunya penerangan yang memadai di kelas untuk proses belajar mengajar, khususnya yang berkaitan dengan masalah kesehatan.
2. Menjadikan penelitian ini sebagai masukan kepada pihak-pihak yang bersangkutan untuk dapat lebih memperhatikan dalam mendesain terutama dalam masalah pencahayaan bangunan.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Batasan dan lingkup studi ini terfokus pada aspek yang relevan dengan topik penelitian dan tidak mencakup hal-hal di luar wilayah pembahasan. Berikut adalah batasan dan lingkup penelitian ini:

1. Penelitian ini terfokus pada faktor yang diukur yaitu pencahayaan alami terhadap penggunaan ruang kelas sebagai proses belajar.
2. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif.
3. Lux meter adalah jenis alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini beserta simulasi dengan *software Dialux Evo*.

1.6 Sistematika Penulisan

Guna mempermudah pemahaman terhadap konten penelitian ini, penulis telah mengatur struktur penulisan sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan

Di Bab I, penulis membahas mengenai pengantar, merumuskan masalah, menyajikan tujuan dan manfaat penelitian, membatasi cakupan studi, dan membicarakan kerangka teoritis.

Bab II: Kajian Pustaka

Bagian kedua (Bab II) menjelaskan teori-teori mendasar yang relevan dengan penelitian dan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat berfungsi sebagai pendukung dalam penelitian.

Bab III: Metodologi Penelitian

Dalam Bab III, penulis mengulas mengenai metode penelitian yang diterapkan, termasuk sumber data, teknik analisis, serta peralatan yang digunakan dalam penelitian.

Bab IV: Hasil dan Pembahasan

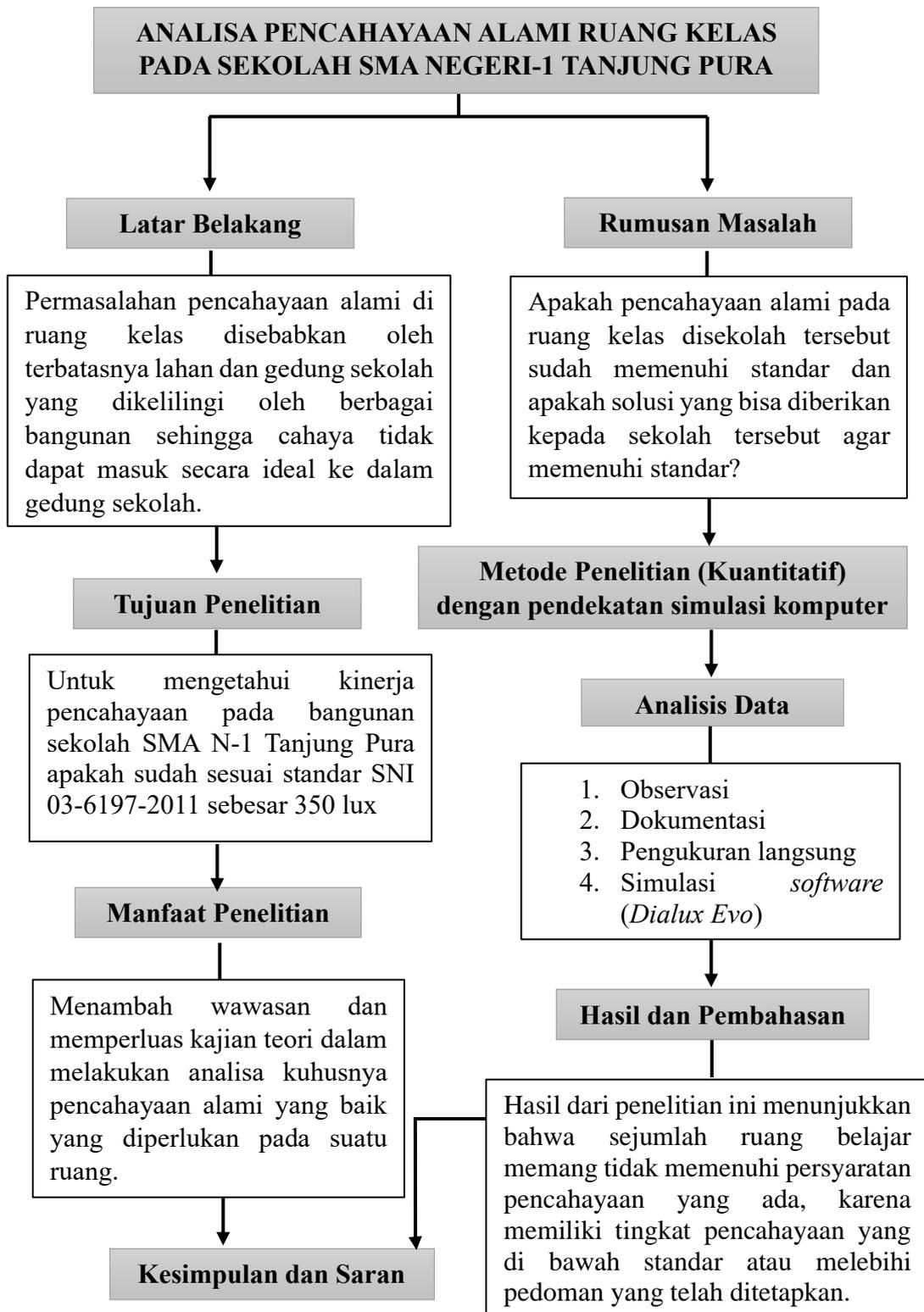
Bab IV mengulas tentang subjek penelitian dan juga menjelaskan hasil yang dihasilkan melalui simulasi yang dilakukan terhadap permasalahan yang ada.

Bab V: Penutup

Bab V berisi rangkuman hasil temuan, rekomendasi, dan solusi yang didasarkan pada analisis yang telah dilakukan dalam bab-bab sebelumnya. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi berharga untuk penelitian selanjutnya atau menjadi bermanfaat bagi berbagai pihak yang terkait.

1.7 Kerangka Berpikir

Berikut adalah kerangka berpikir dari penelitian ini.



Gambar 1.1 Kerangka penelitian (Analisa Penulis, 2023)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencahayaan

Penerangan (iluminasi) adalah pemanfaatan cahaya yang bertujuan untuk mencapai dampak yang berguna atau sesuai. Ada beberapa manfaat menggunakan pencahayaan alami pada bangunan, termasuk peningkatan efisiensi energi dan peningkatan estetika (Athaillah et al., 2017). Pencahayaan melibatkan pemanfaatan cahaya alami dari sinar matahari dan cahaya buatan dari sumber seperti lampu. Arti lain dari cahaya adalah penerangan. Pencahayaan merupakan salah satu faktor terpenting atau faktor pendukung dalam perancangan suatu ruang, dimana pencahayaan mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas aktivitas manusia (Putri & Trifiananto, 2018). Cahaya yaitu energi elektromagnetik yang terlihat oleh mata manusia, dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain api, lampu, dan matahari. Cahaya memiliki spektrum yang luas, dari inframerah hingga ultraviolet, dan juga memiliki sifat tertentu seperti pemantulan, pembiasan, dan hamburan. Mata manusia menggunakan cahaya untuk melihat dan memahami dunia di sekitarnya.

Pengaruh cahaya terhadap manusia merupakan faktor terpenting bagi penglihatan, sehingga cahaya yang diperlukan oleh mata seharusnya cukup, tidak terlalu minim maupun berlebihan. Perencanaan pencahayaan pada suatu bangunan merupakan hal yang penting dan harus diperhatikan agar desain akhir dapat menghasilkan pencahayaan yang berkualitas dan hemat biaya. Khususnya pada lembaga pendidikan, tingkat kenyamanan pencahayaan sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kinerja pembelajaran. Jika pencahayaannya tidak bagus maka akan berdampak buruk bagi kesehatan. Faktanya, masih banyak kondisi yang menunjukkan bahwa sistem pencahayaan suatu ruangan belum maksimal. Misalnya, tampilannya kurang terang, lebih silau, atau menggunakan pencahayaan yang tidak sesuai.

2.2 Pencahayaan Alami

Penerangan alami (*Daylighting*) merupakan pemanfaatan cahaya alami untuk penerangan yang sumber energi utamanya adalah matahari. Sumber-sumber tambahan lainnya (dalam kondisi intensitas cahaya yang rendah) termasuk binatang seperti kunang-kunang dan refleksi cahaya matahari di bulan. Spektrum tampak, yang mencakup cahaya dengan frekuensi antara 380 dan 780 nanometer, merupakan sinar matahari alami. Jenis cahaya ini memungkinkan mata manusia untuk melihat bayangan yang ditimbulkan oleh objek di depannya. Lechner (2015) menyatakan bahwa berbagai sumber cahaya, seperti sinar matahari langsung, langit cerah, awan, atau pantulan dari bangunan dan tanah di sekitarnya, memungkinkan cahaya melewati bukaan tersebut. Pangestu (2019) menjelaskan mengenai cahaya alami merupakan elemen yang sangat diperlukan dalam sebuah proyek arsitektur. Tanpa penerangan, aktivitas tidak dapat berlangsung secara normal dan manusia tidak dapat menikmati keindahan karya arsitektur baik bentuk maupun skala ruangnya.

Pangestu (2019) juga menambahkan bahwa selain membantu orang mengidentifikasi objek visual, pencahayaan alami dapat memberikan efek psikologis dengan menciptakan lingkungan yang meningkatkan tujuan penggunaan ruang. Menurut Pangestu (2019) manfaat cahaya alami bagi penghuni gedung, khususnya dalam hal kenyamanan dan keamanan penglihatan, asalkan terdapat penerangan yang cukup sehingga dapat melihat objek yang dikerjakan. Selain menawarkan kenyamanan visual, pencahayaan alami dapat menarik perhatian pada bentuk dan skala, sehingga menonjolkan keindahan ruangan (Pangestu, 2019).

Perencanaan pencahayaan yang buruk dapat menyebabkan kegagalan fungsional pada suatu ruang. Misalnya ruangan yang seharusnya digunakan untuk membaca, jika penerangannya tidak memadai maka akan menyulitkan pembaca dalam melakukan aktivitas membaca. Oleh karena itu, ruangan ini dapat dikatakan belum memenuhi fungsinya sebagai tempat membaca.

2.3 Tujuan Penerangan Alami

Menurut Latifah (2015), tujuan dari penggunaan pencahayaan alami adalah sebagai berikut ini:

1. Kenyamanan Visual (*Visual Comfort*)

Dengan memanfaatkan cahaya alami secara maksimal dan menempatkan bukaan cahaya secara strategis untuk memastikan bahwa persyaratan visual bangunan terpenuhi, kenyamanan visual dapat dicapai.

2. Estetika dan Suasana

Cahaya alami digunakan untuk mempercantik atau memperindah serta mengembangkan suasana suatu ruang.

2.4 Perencanaan Penerangan Alami

Untuk dapat memperoleh cahaya alami yang ideal, maka perlu dilakukan penataan yang hati-hati pada ruangan atau bangunan, terutama bukaan lampu, sehingga potensi cahaya dapat optimal dan pada gilirannya dapat mengantisipasi hambatan-hambatan yang mungkin muncul.

Berikut potensi pemanfaatan cahaya alami (Latifah, 2015):

1. Kenyamanan Visual (*Visual Comfort*)

Kenyamanan penglihatan dapat dicapai jika cahaya yang tersedia sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2. Konservasi Energi

Dengan memanfaatkan pencahayaan alami pada waktu siang, penggunaan listrik untuk penerangan bisa diminimalkan hingga sekitar 20% dari total penggunaan energi.

Meskipun pemanfaatan terang alami memiliki potensi yang besar, namun juga menimbulkan beberapa kendala. Kendala yang timbul bila menggunakan cahaya alami antara lain:

1. Silau (*Glare*)

Pengguna ruang atau bangunan menghadapi silau akibat kualitas pencahayaan yang rendah.

2. Ketidaknyamanan Termal

Pancaran panas dan pancaran cahaya adalah dua jenis energi matahari. Suhu di dalam gedung atau udara di sekitarnya bisa meningkat akibat panas ini. Hal ini menghambat pencapaian kenyamanan termal.

Bila menggunakan pencahayaan alami, maka harus mengatur bukaan cahaya ruangan agar memungkinkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam ruangan sebaik mungkin. Berikut perencanaan bukaan cahaya ruangan untuk pemanfaatan penerangan alami di Indonesia:

1. Orientasi bangunan dan bukaan cahaya
Strukturnya diorientasikan menghadap Utara dan Selatan untuk melindungi bukaan cahaya dari radiasi panas matahari.
2. Penempatan ruangan dan desain bukaan
Pencahayaan disesuaikan dengan maksud atau aktivitas yang ada dalam ruang.
3. Luas bukaan cahaya
Luas dari jendela pencahayaan memenuhi standar minimum yang ditetapkan.
4. Alternatif pemasukan cahaya
Opsi penggantian pencahayaan alami dengan metode pasif atau aktif dipertimbangkan.
5. Antisipasi silau (*glare*)
Diperlukan perencanaan untuk menghindari cahaya silau guna menjaga kenyamanan visual bagi pengguna ruang atau bangunan.
6. Penanganan termal
Saat mendesain fasad atau selubung bangunan, strategi pengendalian termal khusus diperlukan karena radiasi panas matahari merupakan penghalang kenyamanan termal.

2.5 Pencahayaan Alami pada Ruang Kelas

Ruang kelas adalah suatu area yang diperuntukkan bagi tujuan pendidikan di suatu sekolah. Untuk siswa bisa memperhatikan materi yang diajarkan oleh guru dengan jelas, diperlukan pencahayaan yang memadai dalam ruang kelas yang baik. Ruang kelas yang mendapat penerangan alami sinar matahari secara alami juga dapat memberikan manfaat tambahan, seperti meningkatkan *mood* dan kemampuan

berkonsentrasi siswa. Menurut Yusvita (2021) dalam lingkungan pendidikan, ruang kelas menjadi ruang yang paling sering dimanfaatkan dibandingkan dengan ruang lainnya, sehingga pentingnya memiliki pencahayaan yang memadai agar dapat mendukung kegiatan belajar-mengajar di dalamnya. Karena siswa menghabiskan banyak waktu di kelas dan terlibat dalam aktivitas yang menuntut fokus intelektual dan upaya sebagai bagian dari cara edukasi, pencahayaan di kelas memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja akademik mereka (Noda, Lima, Souza, Leder, & Quirino, 2020).

Setiap kelas biasanya menggunakan papan tulis atau *whiteboard*. Pencahayaan perlu diperhatikan agar tidak mengganggu penglihatan siswa akibat pantulan cahaya, terutama bagi siswa yang duduk dekat dengan papan. Papan tulis putih direkomendasikan untuk memiliki intensitas pencahayaan sebesar 250 lux, sementara papan tulis dengan reflektivitas kurang dari 0,1 sebaiknya memiliki intensitas pencahayaan sebesar 500 lux. Sedangkan untuk tempat pembelajaran yang menggunakan media LCD (*Liquid Crystal Display*), biasanya disarankan intensitas pencahayaannya 250-300 lux dengan menyediakan dimmer untuk mengatasi permasalahan penerangan.

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan rata-rata yang direkomendasikan (SNI 03-6197, 2011)

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (<i>Lux</i>)
Lembaga Pendidikan	
Ruang kelas	350
Ruang baca perpustakaan	350
Laboratorium	500
Ruang gambar	750

2.6 Ketentuan Dasar Perhitungan Pencahayaan Alami

Kualitas cahaya alami yang baik dicapai pada saat proses desain dengan memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas intensitas cahaya, Seperti perbandingan antara rasio antara luas lantai dan luas bukaan pencahayaan alami, posisi dan karakteristik bukaan, serta pemantulan cahaya dari permukaan eksterior (SNI, 2001). Berdasarkan aturan dasar penghitungan pencahayaan alami ada beberapa poin yang dapat dilihat di bawah ini.

2.6.1 Pencahayaan Alami Siang Hari

Sinar matahari alami dianggap optimal jika terdapat cukup cahaya mulai pukul 08.00 pagi dan 16.00 sore. Cahaya juga perlu didistribusikan secara merata ke seluruh ruangan dan tidak menimbulkan perbedaan pencahayaan yang terlalu mencolok.

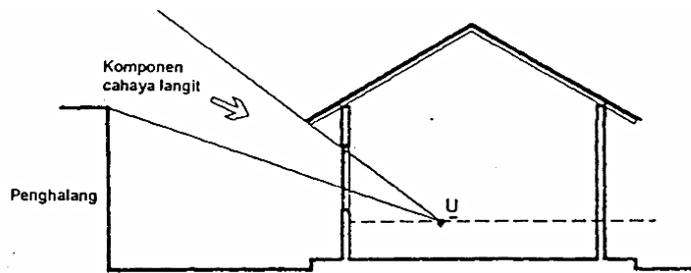
2.6.2 Tingkat Pencahayaan Alami pada Ruang

Hubungan matematis antara fokus estimasi dan bukaan cahaya, ukuran dan luas bukaan cahaya, serta penggunaan cahaya dan jendela rongga, semuanya berdampak pada pemeriksaan tingkat pencahayaan alami di dalam dan di luar bangunan.

2.6.3 Komponen Pencahayaan Alami Siang Hari

Salah satu unsur yang menciptakan efisiensi penerangan alami adalah komponen pencahayaan siang hari, yaitu membandingkan intensitas pencahayaan dalam ruangan dibandingkan dengan intensitas pencahayaan di luar ruangan. Komponen pencahayaan sinar matahari meliputi bagian langit, bagian pantulan luar, dan bagian pantulan dalam.

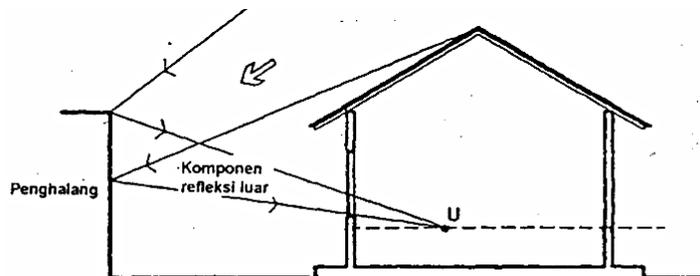
Komponen langit dalam hal pencahayaan alami dapat ditemukan dalam ilustrasi pada gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Komponen langit (SNI 03-2396, 2001)

Gambar 2.1 di atas menjelaskan mengenai faktor langit (*sky factor/fl*), khususnya pencahayaan langsung dari cahaya langit.

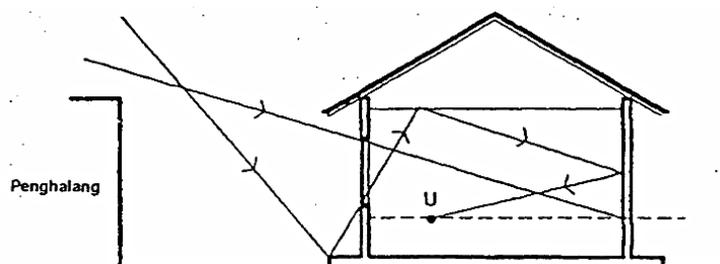
Selain komponen langit ada juga komponen refleksi luar yang dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Komponen refleksi luar (SNI 03-2396, 2001)

Ilustrasi dalam gambar 2.2 menjelaskan mengenai komponen refleksi luar (faktor refleksi luar/*f_{rl}*) yaitu merupakan cahaya yang dipantulkan oleh objek-objek di sekitar bangunan yang relevan.

Yang terakhir yaitu komponen refleksi dalam yang dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 Komponen refleksi dalam (SNI 03-2396, 2001)

Ilustrasi pada gambar 2.3 menjelaskan konsep komponen refleksi dalam (*f_{rd}*), yang mencakup pencahayaan yang dipantulkan oleh permukaan dalam ruangan.

Hal ini terjadi saat cahaya memasuki ruangan melalui pantulan dari benda-benda di luar atau melalui jendela.

2.6.4 Faktor Langit (FL)

Faktor langit adalah perbandingan antara jumlah cahaya matahari langsung yang mencapai titik tertentu di dalam ruangan dengan jumlah cahaya yang akan jatuh pada bidang datar di lapangan terbuka. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dalam kondisi yang sama. Kondisi langit menghasilkan distribusi intensitas cahaya yang merata, dan bukaan dianggap tidak terhalang oleh material.

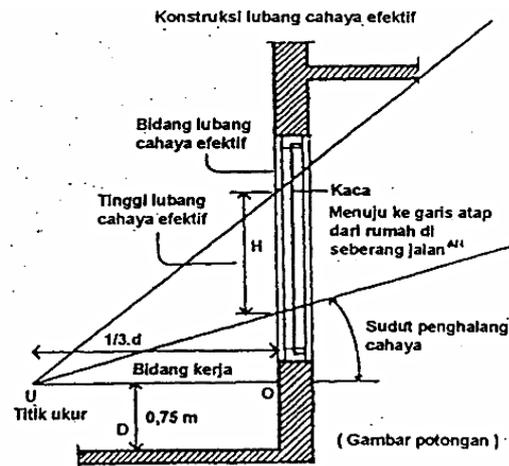
Menurut Soegijanto (1998), keadaan langit dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah dan jenis awan menjadi tiga kategori:

1. Langit yang sepenuhnya tertutup oleh awan putih, abu-abu putih, atau awan tebal, baik sebagian maupun seluruhnya (*overcast sky*).
2. Langit yang sebagian tertutup oleh berbagai jenis dan jumlah awan (*intermediate sky*).
3. Langit yang tidak memiliki awan (*clear sky*).

2.6.5 Titik Pengukuran

Titik acuan diambil pada suatu bidang yang terletak pada ketinggian 0,75 meter di atas permukaan tanah. Titik acuan koefisien langit harus memperhatikan nilai minimum yang ditentukan oleh fungsi dan ruang keseluruhan. Jika dinding-dinding tersebut saling berhadapan tetapi tidak sejajar, maka jarak antara kedua dinding tersebut akan diukur.

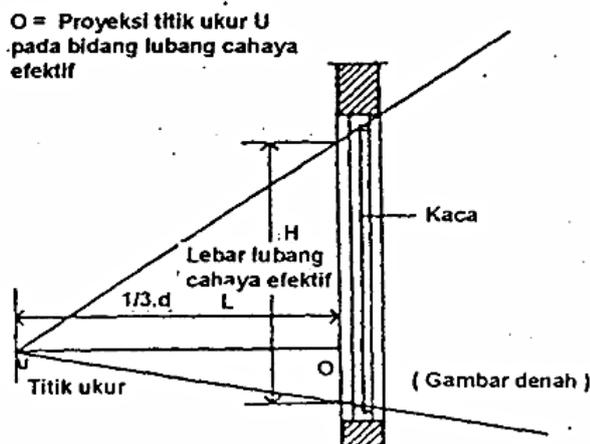
Adapun konstruksi lubang cahaya efektif untuk menentukan titik ukur dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Tinggi cahaya (SNI 03-2396, 2001)

Intensitas cahaya diukur pada area kerja pada jarak 0,75 cm dari permukaan lantai. Banyaknya cahaya alami pada lokasi pengukuran akan diambil dari cahaya yang masuk melalui tinggi celah efektif. Namun, keberadaan sudut penghalang cahaya akan menghalangi cahaya matahari memasuki ruangan.

Informasi mengenai cara menentukan titik ukur untuk mencapai kedalaman ruang dapat ditemukan dalam ilustrasi pada gambar 2.5 di bawah ini:



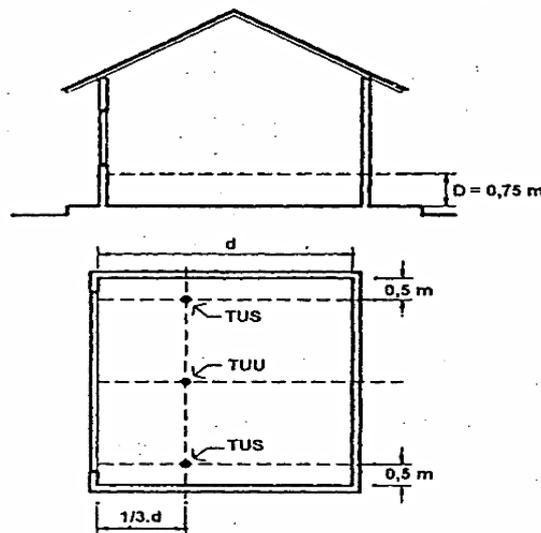
Gambar 2.5 Lebar cahaya (SNI 03-2396, 2001)

Jarak tempat fokus dalam ruang adalah setara dengan $1/3$ dari jarak dinding samping ke kedalaman ruang (d), yang diukur dari lebar lubang cahaya yang efektif.

Prosedur untuk menentukan titik ukur dalam ruang, sebagaimana dijelaskan dalam Standar Nasional Indonesia 03-2396-2001, adalah sebagai berikut:

- a) Titik ukur utama (TUU), yaitu $1/3$ d dari bukaan lampu efektif, terletak di tengah dinding antara kedua sisi.
- b) Kedalaman ruang dilambangkan dengan d , dan titik ukur samping (TUS) diukur 50 cm dari dinding samping.
- c) Dalam situasi di mana dua dinding berlawanan tidak sejajar, jarak d diukur antara keduanya atau diambil sebagai rata-rata dari jarak tersebut.
- d) Peraturan yang berlaku untuk ruangan dengan ukuran d yang setara atau lebih kecil dari 6 m adalah dengan menjaga jarak minimal sebesar 2 m. Informasi mengenai cara menentukan TUU (Titik Ukur Utama) dan TUS (Titik Ukur Samping).

Penentuan titik ukur utama dan titik ukur samping dapat dilihat pada ilustrasi gambar di bawah ini.



Gambar 2.6 Cara menentukan TUU dan TUS (SNI 03-2396, 2001)

2.6.6 Lubang Cahaya Efektif

Jika suatu ruangan menerima *skylight* melalui celah cahaya pada beberapa dinding, maka dinding tersebut mempunyai area celah cahaya efektifnya masing-masing. Secara umum, ruangan dengan pencahayaan intens bisa memiliki variasi bentuk dan dimensi yang berbeda dari ruangan itu sendiri. Hal ini mungkin terjadi karena beberapa alasan yaitu:

- a) Ketika cahaya terhalang oleh pohon atau bangunan.

- b) Komponen bangunan yang menonjol ke luar dan membatasi pandangan, seperti balkon "*sunbreakers*" yang terpasang pada struktur dan sebagainya.
- c) Batasan yang dikenakan oleh penempatan bidang kerja sehubungan dengan bidang lubang cahaya.
- d) Bagian jendela berbahan buram.

2.7 Jenis Pencahayaan

Menurut Adji (2022) pencahayaan berdasarkan sumbernya terbagi menjadi dua yaitu:

2.7.1 Pencahayaan Alami

Cahaya yang berasal dari matahari disebut cahaya alami. Cahaya alami tidak hanya berpotensi mengurangi penggunaan listrik, tetapi juga memiliki sifat antimikroba (Adji, 2022). Pencahayaan alami diperoleh dari sumber alam seperti matahari, bulan, dan bintang yang berperan sebagai penerangan di dalam ruangan. Sifat pencahayaan ini bersifat variabel, bergantung pada faktor-faktor seperti kondisi iklim, musim, dan cuaca. Dari semua sumber pencahayaan alami tersebut, sinar matahari memiliki intensitas cahaya yang paling kuat, sehingga kehadirannya sangat berharga dalam pencahayaan ruang dalam gedung (Dora & Nilasari, 2019).

Menurut Pangestu (2019), kondisi langit setempat yang dominan dan sumber cahaya yang digunakan untuk memantulkan cahaya dari luar bangunan ke dalam menentukan fungsi pencahayaan alami pada suatu bangunan. Gagasan yang mendasari distribusi pencahayaan adalah untuk mencapai tingkat pencahayaan yang sesuai, baik dari segi jumlah maupun kualitasnya, yang sesuai dengan tujuan dari bangunan atau area tersebut (Pangestu, 2019). Sumber penerangan alami umumnya tidak seefektif penerangan buatan karena kekuatan cahayanya tampak tidak konsisten. Sumber cahaya alami terkadang menghasilkan panas.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan agar pemanfaatan cahaya alami bermanfaat, yaitu:

- a. Variasi jumlah sinar matahari.
- b. Distribusi kecerahan cahaya.

- c. Pengaruh jarak bangunan, lokasi dan pantulan cahaya.
- d. Penggunaan bangunan dan lokasi geografis.

2.7.2 Pencahayaan Buatan

Cahaya yang berasal dari sumber selain matahari disebut sebagai cahaya buatan. Jika pencahayaan alami di dalam ruangan tidak mencukupi atau tidak ada, diperlukan pencahayaan buatan seperti lampu.

Penerangan buatan pada suatu fungsi atau kegiatan yang berlangsung pada suatu lokasi pada waktu fajar sampai dengan senja hari diperlukan apabila cahaya alami yang tersedia tidak atau tidak dapat memenuhi kriteria pencapaian intensitas/intensitas cahaya (minimum ideal) yang diperuntukkan bagi terselenggaranya suatu kegiatan visual atau tugas yang dilakukan di lokasi (Sutanto, 2019).

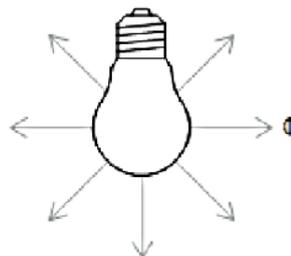
2.8 Istilah dan Satuan dalam Sistem Pencahayaan

Menurut Hakim (2014), berikut adalah istilah dan satuan yang digunakan dalam sistem pencahayaan.

1. Flux Cahaya (Φ) (*Luminous Flux*)

Jumlah cahaya per satuan waktu (t) disebut fluks luminal. Jumlah cahaya yang dipancarkan dari suatu sumber cahaya dikenal sebagai fluks cahaya. Dari sumber cahaya, cahaya mengalir keluar ke segala arah, misalnya dari pusat bola ke seluruh permukaannya. Lumen digunakan untuk mengukur fluks cahaya.

Contoh gambar fluks cahaya bisa dilihat pada ilustrasi di bawah ini:



Gambar 2. 7 Fluks/sejumlah cahaya yang dihasilkan sumber cahaya (Hakim, 2014)

2. Efikasi Cahaya (*Luminous Efficacy*)

Efikasi pencahayaan mengindikasikan seberapa banyak lumen yang dihasilkan oleh sebuah lampu dalam kaitannya dengan konsumsi daya listrik P (dalam watt) yang digunakan. Efikasi ini diukur dalam satuan lumen per watt (lm/watt)

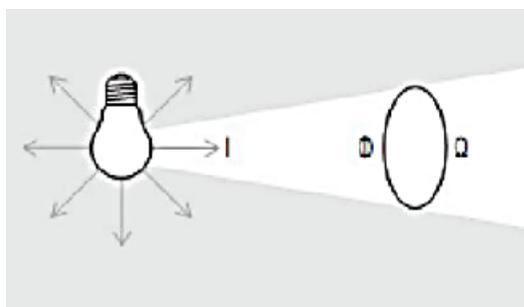
3. Jumlah Cahaya (Q) (*Quantity of Light*)

Kuantitas pencahayaan atau energi pencahayaan (dalam sistem metrik internasional) merupakan hasil perkalian antara fluks cahaya dengan durasi waktu. Energi pencahayaan biasanya diungkapkan dalam satuan kilo lumen jam (klm.jam).

4. Intensitas Cahaya (I) (*Luminous Intensity*)

Idealnya, berkas cahaya dari sumber cahaya harus merata dan seragam ke segala arah. Namun, dalam praktiknya, cahaya tidak tersebar secara seragam, terdapat perbedaan antara cahaya yang berasal dari sumber dan jalur yang dilalui oleh cahaya tersebut. Oleh karena itu, istilah yang digunakan untuk menyatakan jumlah cahaya yang dipancarkan dalam satuan intensitas cahaya dalam satuan Candela. Candela telah dikenali sebagai sumber radiasi yang mengeluarkan daya sebesar $1/683$ watt per steradian pada frekuensi 540,1012 Hz.

Contoh gambar intensitas cahaya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

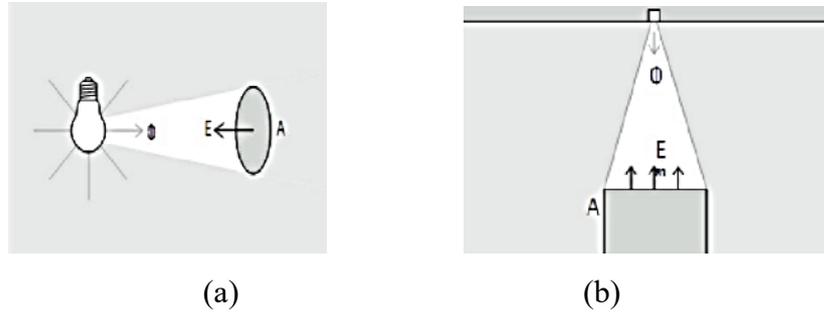


Gambar 2. 8 Intensitas cahaya sebagai fluks cahaya per steradian (Hakim, 2014)

5. Iluminasi (*Illuminance*) dan Luminasi (*Luminance*)

Besarnya fluks cahaya dari suatu sumber cahaya yang sampai pada suatu bidang tertentu disebut iluminasi. Akan ada dua jenis pencahayaan dalam sebuah ruangan yaitu pencahayaan arah horizontal dan vertikal.

Ilustrasi contoh pencahayaan vertikal dan pencahayaan horizontal dapat ditemukan dalam gambar yang terletak di bawah ini:



Gambar 2. 9 Contoh pencahayaan dalam sebuah ruangan (a) Arah iluminasi horizontal (b) Arah iluminasi vertikal (Hakim, 2014)

2.9 Penelitian Terdahulu

Setiap penelitian tentu mempunyai penelitian terdahulu. Penelitian sejenis berperan sebagai perbandingan antara penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian yang sebanding juga dapat menjadi acuan untuk eksplorasi yang lebih baik di kemudian hari. Berikut tabel pencarian serupa yang dijadikan referensi dalam pencarian ini.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu (Analisa Penulis, 2023)

No.	Peneliti	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1	Aan Kurniawan (2014)	Analisis Tingkat Pencahayaan Alami (Studi Kasus Ruang Kelas SMA Negeri 9 Makassar)	Melakukan evaluasi terhadap distribusi cahaya alami dengan tujuan memastikan bahwa kebutuhan penghuni ruangan terpenuhi untuk menciptakan lingkungan belajar yang nyaman di dalam kelas.	Analisis deskriptif	Orientasi bangunan, luas bukaan dan bangunan lain di sekitar sangat mempengaruhi intensitas cahaya.
2	Gita Yusvita (2021)	Analisis Pencahayaan Ruangan pada Ruang Kelas di Universitas Singaperbangsa Karawang Menggunakan <i>Dialux Evo 9.1</i>	Melakukan analisis dan evaluasi untuk menentukan apakah tingkat pencahayaan di ruang kelas sudah memenuhi standar SNI 03-6575-2001, yang menetapkan tingkat pencahayaan sebesar 250 Lux.	kuantitatif dengan simulasi <i>software Dialux Evo</i> .	Perlu melakukan peningkatan pada sistem pencahayaan di dalam ruangan, dan disarankan untuk memberikan perhatian khusus pada jendela di dalam kelas sebagai sumber pencahayaan alami.

Tabel 2.2 (Lanjutan)

3	Irnawaty Idrus, Baharuddin Hamzah, dan Rosady Mulyadi (2016)	Intensitas Pencahayaan Alami Ruang Kelas Dasar di Kota Makassar.	Mengidentifikasi intensitas pencahayaan alami pada ruang kelas dan melihat apakah sudah sesuai standar yang ditetapkan.	Penelitian kuantitatif	Orientasi bukaan sangat mempengaruhi masuknya cahaya menuju suatu ruang.
---	--	--	---	------------------------	--

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Berikut ini akan diuraikan informasi terkait lokasi dan jadwal pelaksanaan penelitian.

3.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian simulasi pencahayaan alami akan dilakukan di SMAN 1 Tanjung Pura, yang terletak di Jalan Sudirman nomor 52, Pekan Tanjung Pura, Kecamatan Tanjung Pura, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Peta Kabupaten Langkat

(b) Peta wilayah (Langkatkab.go.id, 2017) (b) Peta Sekolah SMA

(Google earth, 2023)

Batasan wilayah sekolah SMA N-1 Tanjung Pura diantaranya:

- a. Sebelah Utara : Gedung Ruko dan Rawa-rawa
- b. Sebelah Timur : Jalan Lintas Sumatera Banda Aceh
- c. Sebelah Selatan : Toko-toko kelontong dan rumah warga
- d. Sebelah Barat : Rawa-rawa

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 21 sampai dengan 27 juni 2023 yang mana pada saat itu kondisi dari titik balik utara menuju ke khatulistiwa sehingga terjadi fenomena musim panas pada bagian Utara dan musim dingin pada bagian Selatan. Penelitian dilakukan dalam dua prediksi cuaca yaitu langit cerah dan mendung. Di Indonesia, pedoman pencahayaan dapat merujuk pada standar internasional seperti yang dikeluarkan oleh *Illuminating Engineering Society* (IES) atau standar nasional yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia. Kondisi pada saat langit cerah dimana intensitas pencahayaan alami diluar ruangan sebesar 10.000 lux sampai 25.000 lux. Sedangkan pada kondisi langit mendung intensitas pencahayaan alami diluar ruangan sebesar 1.000 lux sampai 10.000 lux. Penelitian juga dilakukan dalam dua interval waktu yaitu pada pagi hari pukul 08.00-10.00 WIB dan siang hari pukul 11.00-13.00 WIB karena kondisi aktivitas sekolah hanya sampai siang hari.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah pendekatan ilmiah yang terstruktur terhadap elemen-elemen dan peristiwa serta interaksinya. Tujuan utama penelitian kuantitatif adalah mengembangkan dan memanfaatkan model matematis, teori, dan/atau hipotesis yang terkait dengan fenomena alam. Pendekatan kuantitatif menghasilkan data yang dapat diukur secara jelas. Penelitian ini merujuk pada Standar Badan Standardisasi Nasional Indonesia 7062 (2019) berjudul "Pengukuran intensitas pencahayaan di tempat kerja," yang merupakan revisi dari SNI 16-7062-2004. Standar ini memberikan pedoman mengenai metode penentuan titik pengukuran.

Penentuan titik pengukuran terdiri dari dua aspek, yakni pengukuran pencahayaan umum dan pengukuran pencahayaan setempat.

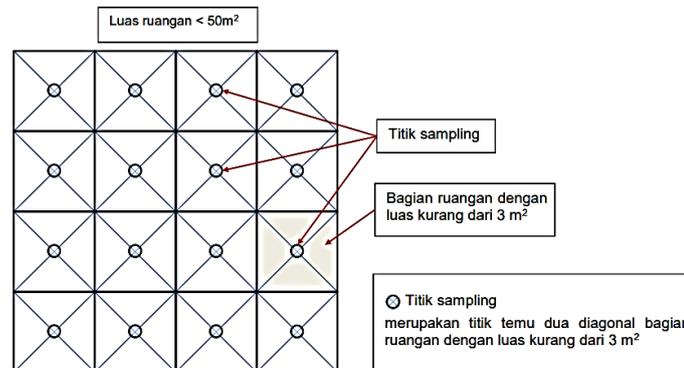
1. Pengukuran pencahayaan umum

Pengukuran pencahayaan umum terbagi lagi menjadi tiga bagian yaitu:

- a. Luas ruangan kurang dari 50 m²

Jumlah titik pengukuran dihitung berdasarkan prinsip bahwa satu titik pengukuran mewakili area maksimal 3 m². Lokasi pengukuran ditempatkan di titik pertemuan dua diagonal panjang dan lebar ruangan.

Ilustrasi tentang cara menentukan titik pengukuran pencahayaan umum dapat ditemukan dalam gambar yang terletak di bawah ini:



Gambar 3.2 Contoh penentuan titik pengukuran pencahayaan umum dengan luas 25 m² (SNI 7062, 2019)

b. Luas ruangan antara 50 m² sampai 100 m²

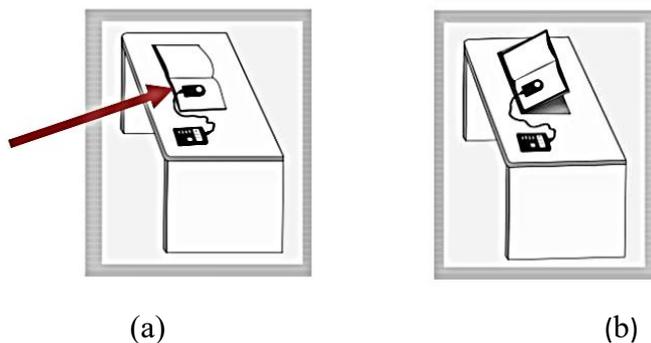
Minimal harus ada 25 titik pengukuran pencahayaan. Titik-titik pengukuran ditempatkan pada titik-titik pertemuan antara diagonal panjang dan lebar ruangan.

c. Luas ruangan lebih dari 100 m²

Setidaknya harus ada 36 titik pengukuran pencahayaan. Posisi titik pengukuran disesuaikan dengan titik temu antara garis diagonal panjang dan lebar ruangan.

2. Pengukuran pencahayaan setempat

Mengimplikasikan penempatan titik pengukuran pada objek, barang kerja, peralatan, mesin, proses produksi, dan area kerja yang memiliki karakteristik tertentu. Penentuan titik ukur setempat pada bidang datar meja dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini:



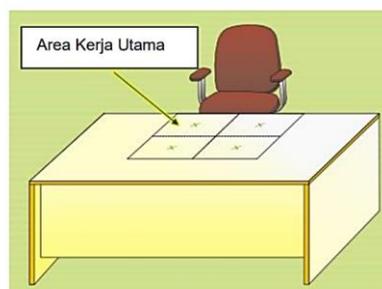
Gambar 3.3 Penentuan titik ukur setempat pada bidang datar meja (a) Penempatan sensor datar dengan meja (SNI 7062, 2019) (b) Penempatan sensor miring dari meja (SNI 7062, 2019)

Selain penentuan pada bidang datar meja ada juga penentuan pengukuran pada bidang vertikal yang dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini:



Gambar 3.4 Pengukuran pada bidang vertikal (SNI 7062, 2019)

Penentuan pengukuran juga dapat dilakukan pada meja kerja dan contohnya dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini:

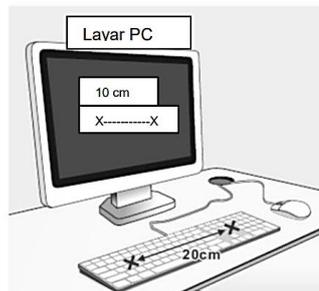


Gambar 3.5 Pengukuran pada meja kerja (SNI 7062, 2019)

Keterangan gambar:

X: titik penempatan *lux meter*

Penentuan titik ukur pada komputer juga dapat dilihat pada contoh gambar 3.6 di bawah ini:



Gambar 3.6 Pengukuran pada stasiun kerja komputer (SNI 7062, 2019)

Keterangan gambar:

X: titik penempatan *lux meter*

Adapun metode pengukuran akan dijabarkan sebagai berikut:

- a. Prinsip memperkirakan daya penerangan menggunakan *lux meter* yang hasilnya dapat dibaca secara langsung.
- b. Peralatan yang digunakan adalah *lux meter*.

Dalam penelitian ini, digunakan perangkat *lux meter* yang dapat dilihat dalam ilustrasi pada gambar 3.7 yang terletak di bawah:



Gambar 3.7 *Lux meter* (Dokumentasi Penulis, 2023)

- c. Prosedur pengukuran

Berikut merupakan tahapan prosedur dalam pengukuran:

1. Pastikan bahwa daya baterai alat pengukur intensitas cahaya memiliki kapasitas yang cukup untuk melakukan perkiraan dengan baik.

2. Memastikan bahwa alat pengukur intensitas cahaya (*lux meter*) beroperasi dengan efektif..
3. Pastikan bahwa *lux meter* telah dikalibrasi oleh laboratorium kalibrasi yang memiliki akreditasi.
4. Persiapkan peralatan pengukuran, termasuk meteran, formulir pengukuran, dan denah tempat kerja yang akan diukur.
5. Letakkan sensor *lux meter* secara sejajar dengan permukaan yang akan diukur.
6. Petugas menempatkan diri mereka sedemikian rupa sehingga tidak menghalangi cahaya yang mencapai sensor *lux meter*.
7. Pastikan bahwa petugas tidak mengenakan pakaian yang mungkin memantulkan cahaya dan berpotensi memengaruhi hasil pengukuran.

Langkah-langkah pengukuran dapat dilihat pada tahapan proses di bawah:

1. Nyalakan *lux meter*.
2. Pastikan rentang skala pada *lux meter* sesuai dengan tingkat intensitas pencahayaan yang diukur.
3. Buka penutup sensor pada alat.
4. Lakukan pengecekan kalibrasi dengan memastikan bahwa layar menunjukkan nilai nol ketika sensor ditutup sepenuhnya.
5. Bawa peralatan ke lokasi pengukuran yang ditentukan, baik untuk mengukur intensitas penerangan umum atau penerangan setempat.
6. Sesuaikan ketinggian sensor sekitar 0,8 m dari permukaan lantai saat melakukan pengukuran intensitas pencahayaan umum.
7. Perhatikan hasil pengukuran pada layar alat setelah beberapa detik untuk memperoleh nilai yang stabil.
8. Lakukan pengukuran di titik yang sama hingga tiga kali.
9. Catat hasil pengukuran intensitas pencahayaan umum dan intensitas pencahayaan setempat di lembar pencatatan.
10. Matikan *lux meter* setelah menyelesaikan pengukuran intensitas pencahayaan.

3.3 Sumber Data

Sumber data dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu data primer dan data sekunder. Untuk tujuan penelitian ini, kedua jenis data tersebut akan dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut:

a. Data Primer

Data utama merujuk pada informasi yang diperoleh secara langsung dari sumbernya, dan di bawah ini terdapat beberapa contoh data utama.

1. Observasi

Metode pengamatan adalah suatu pendekatan yang melibatkan teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung dan mencatat informasi tentang situasi atau perilaku subjek yang menjadi perhatian dalam penelitian. Observasi dalam praktiknya tidak terbatas pada observasi langsung atau tidak langsung. Berdasarkan pengertian di atas, metode observasi dapat merujuk pada cara pengumpulan data melalui pengamatan langsung terhadap keadaan yang sedang terjadi di lapangan.

2. Dokumentasi

Dokumentasi yang dimaksud ialah berupa dokumen foto untuk menampilkan kondisi alami pada gedung sekolah. Berikut beberapa foto kondisi pada sekolah SMA N-1 Tanjung Pura.



(a)



(b)

Gambar 3.8 Ruang kelas yang terhalang bangunan lain (a) Ruang Kelas X IIS 2
(b) Ruang Kelas X IIS 3 (Dokumentasi Penulis, 2023)

Selain adanya bangunan di sekitar sekolah, penghambat masuknya pencahayaan alami juga terjadi karena terdapat koridor tertutup yang dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut:



Gambar 3.9 Koridor kelas yang gelap (a) Koridor di depan kelas MIA, (b) Koridor di depan kelas IIS (Dokumentasi Penulis, 2023)

Penghambat masuknya pencahayaan ke dalam bangunan ruang kelas pada sekolah SMA N-1 Tanjung Pura juga disebabkan karena pada sekitar ruang kelas terdapat rawa-rawa yang ditumbuhi beberapa tumbuhan liar yang tinggi, dapat merujuk pada ilustrasi pada gambar 3.10 berikut:



Gambar 3.10 Tumbuhan liar yang tinggi di samping kelas X MIA 3 (Dokumentasi Penulis, 2023)

Selain koridor dan tumbuhan liar yang menghalangi masuknya pencahayaan ke dalam ruang kelas, penghambat lainnya yaitu adanya bangunan toko kelontong yang menjulang tinggi di sekitar bangunan sekolah. Dapat di lihat pada gambar 3.11 berikut ini:



Gambar 3.11 Bangunan toko di sekitar sekolah (Dokumentasi Penulis, 2023)

b. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini merupakan sumber informasi yang diperoleh secara tidak langsung, digunakan untuk melakukan eksplorasi melalui perantara berupa buku-buku, informasi atau dokumen-dokumen yang ada, baik yang disebarluaskan maupun sebagian besar tidak diterbitkan. Data tersebut dipilih sebagai referensi di bidang simulasi cahaya alami dan dokumen yang berhubungan dengan eksplorasi ini.

3.4 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian yang akan diteliti adalah seluruh ruang kelas yang terdapat di Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura. Populasi yang terdapat pada sekolah tersebut sebanyak 21 ruang kelas.

Sampel dalam penelitian ini dipilih melalui penggunaan metode pengambilan sampel yang disebut *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah pendekatan di mana peneliti dengan sengaja memilih individu atau kelompok yang memiliki karakteristik atau pengalaman khusus yang relevan dengan tujuan penelitian.

Pendekatan ini digunakan ketika peneliti ingin memilih sampel yang memberikan informasi paling relevan dan signifikan terkait dengan topik penelitian. Sampel yang diambil pada populasi ini ada 8 ruang kelas yaitu, ruang kelas X IIS 3, ruang kelas X IIS 2, ruang kelas X MIA 7, ruang kelas X MIA 5, ruang kelas X MIA 2, ruang kelas X MIA 3, ruang kelas XI MIA 2, ruang kelas XII MIA 3.

Adapun sampel ruang kelas yang memenuhi kriteria penelitian ini dideskripsikan melalui tabel 3.2 di bawah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Deskripsi ruang kelas sebagai sampel (Analisa Penulis, 2023)

Gambar Sampel	Kelas	Desain Pencahayaan Alami		
		Orientasi	Bentuk	Warna
<p>Sampel 1</p> 	X MIA 3	Utara	Persegi	Putih, hijau dan warna-warni (ruangan dilukis)
<p>Sampel 2</p> 	X MIA 2	Utara	Persegi	Putih, hijau dan warna-warni (ruangan dilukis)
<p>Sampel 3</p> 	XI MIA 2	Timur	Persegi	Putih, kuning

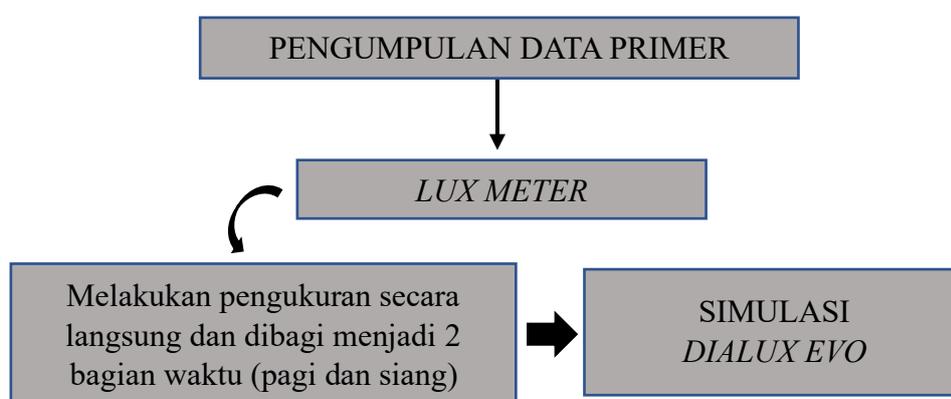
Tabel 3.1 (Lanjutan)

<p>Sampel 4</p> 	XII MIA 3	Timur	Persegi panjang	Putih, kuning, hijau
<p>Sampel 5</p> 	X MIA 5	Selatan	Persegi	Putih, hijau
<p>Sampel 6</p> 	X MIA 7	Selatan	Persegi	Putih, pink
<p>Sampel 7</p> 	X IIS 2	Selatan	Persegi	Hitam, putih
<p>Sampel 8</p> 	X IIS 3	Selatan	Persegi	Putih, hijau, kuning

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah metode yang digunakan untuk menggali dan mengorganisir data yang dihasilkan. Informasi tersebut diperoleh melalui pengamatan dan dokumen yang telah dibuat sebelumnya. Selain pengamatan dan pencatatan hasil, analisis juga mencakup penggunaan sistem simulasi komputer dengan maksud mendapatkan hasil yang lebih tepat. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Dialux Evo*. *Dialux* adalah program komputer yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem pencahayaan dalam dan luar bangunan. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh perusahaan Dial GmbH dan ditujukan khusus untuk merancang pencahayaan buatan dan alami.

Berikut adalah bagan teknis analisis data dapat dilihat pada gambar 3.12 di bawah ini.



Gambar 3.12 Teknis analisis data (Analisa Penulis, 2023)

Dalam penelitian ini menggunakan metode simulasi komputer (*computer simulation*). Dengan menggunakan simulasi komputer untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, dari situ permasalahan yang ada dapat diatasi dan diminimalkan. Penggunaan aplikasi Dialux umumnya terjadi dalam penelitian pencahayaan alami karena program ini memiliki kemampuan pelaporan yang canggih serta tampilan visual yang mendukung untuk menjelaskan kondisi pencahayaan (Pratiwi & Djafar, 2021). Aplikasi ini berguna untuk membandingkan hasil pengukuran dalam bangunan yang sudah ada atau dapat digunakan dalam tahap perencanaan awal untuk menilai intensitas cahaya dalam bangunan yang sedang direncanakan.

Software Dialux ini memiliki banyak keunggulan, antara lain kemampuan merancang dan menganalisis pencahayaan, mengoptimalkan efisiensi energi, mensimulasikan perubahan pencahayaan, rendering, dan visualisasi. *Software Dialux* ini juga telah menjadi standar industri dalam perencanaan pencahayaan dan banyak digunakan oleh para profesional industri di bidang pencahayaan dan desain interior.

3.6 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup:

1. Meteran

Fungsi utama meteran adalah untuk mengukur jarak atau panjang antar tempat atau antar titik yang diukur. Alat pengukur ini memiliki berbagai fungsi, termasuk pengukuran sudut, pembentukan sudut siku-siku, dan kemampuan untuk menggambar lingkaran. Di salah satu ujungnya, terdapat klip pengait yang dilengkapi dengan magnet, yang membantu agar pengukuran menjadi lebih mudah dan tali pengukur tetap terhubung saat digunakan.

Alat meteran bisa di lihat pada gambar 3.13 di bawah ini:



Gambar 3.13 Meteran (Dokumentasi Penulis, 2023)

2. Lux Meter

Lux meter merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur kecerahan cahaya di dalam suatu ruangan. Mengetahui tingkat pencahayaan ini penting karena manusia pada dasarnya memerlukan penerangan yang memadai.

Alat *lux meter* dapat dilihat pada gambar 3.14 di bawah ini:



Gambar 3.14 *Lux Meter* (Dokumentasi Penulis, 2023)

3.7 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang kemudian dijadikan objek yang dapat diamati dalam suatu penelitian. Variabel disebut faktor-faktor yang berperan terhadap gejala atau peristiwa yang diteliti. Variabel-variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2 Variabel penelitian (Analisa Penulis, 2023)

Variabel Bebas	Variabel Terikat	Keterangan	Teori
Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung.	Komponen langit (faktor langit)	Pencahayaan langsung yang berasal dari cahaya langit	SNI 03-2396-2001 membahas mengenai prosedur standar perencanaan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung. Dalam perencanaan pencahayaan alami siang hari, tujuan utamanya adalah menciptakan sistem pencahayaan alami yang memenuhi persyaratan kesehatan, kenyamanan, serta mematuhi peraturan yang berlaku.
	Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar)	Pencahayaan yang berasal dari pantulan benda-benda yang berada di sekitar bangunan	
	Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam)	pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan atau akibat refleksi benda-benda yang berada dalam sebuah ruangan	

3.8 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai tahapan-tahapan penelitian agar mempermudah dalam menyusun hasil penelitian. Adapun tahap penelitian sebagai berikut:

1. Tahap Awal

Pada tahap awal, peneliti mengidentifikasi objek penelitian dan mulai mengidentifikasi masalah yang ada pada objek penelitian tersebut. Kemudian peneliti menentukan jadwal untuk melakukan penelitian. Objek penelitian ini yaitu analisa pencahayaan alami ruang kelas pada sekolah SMA N-1 Tanjung Pura.

2. Tahap Observasi

Setelah menyelesaikan tahap awal, peneliti kemudian melakukan observasi langsung pada objek penelitian, yaitu SMA N-1 Tanjung Pura, untuk mengevaluasi kondisi yang ada..

3. Tahap Pengumpulan Data

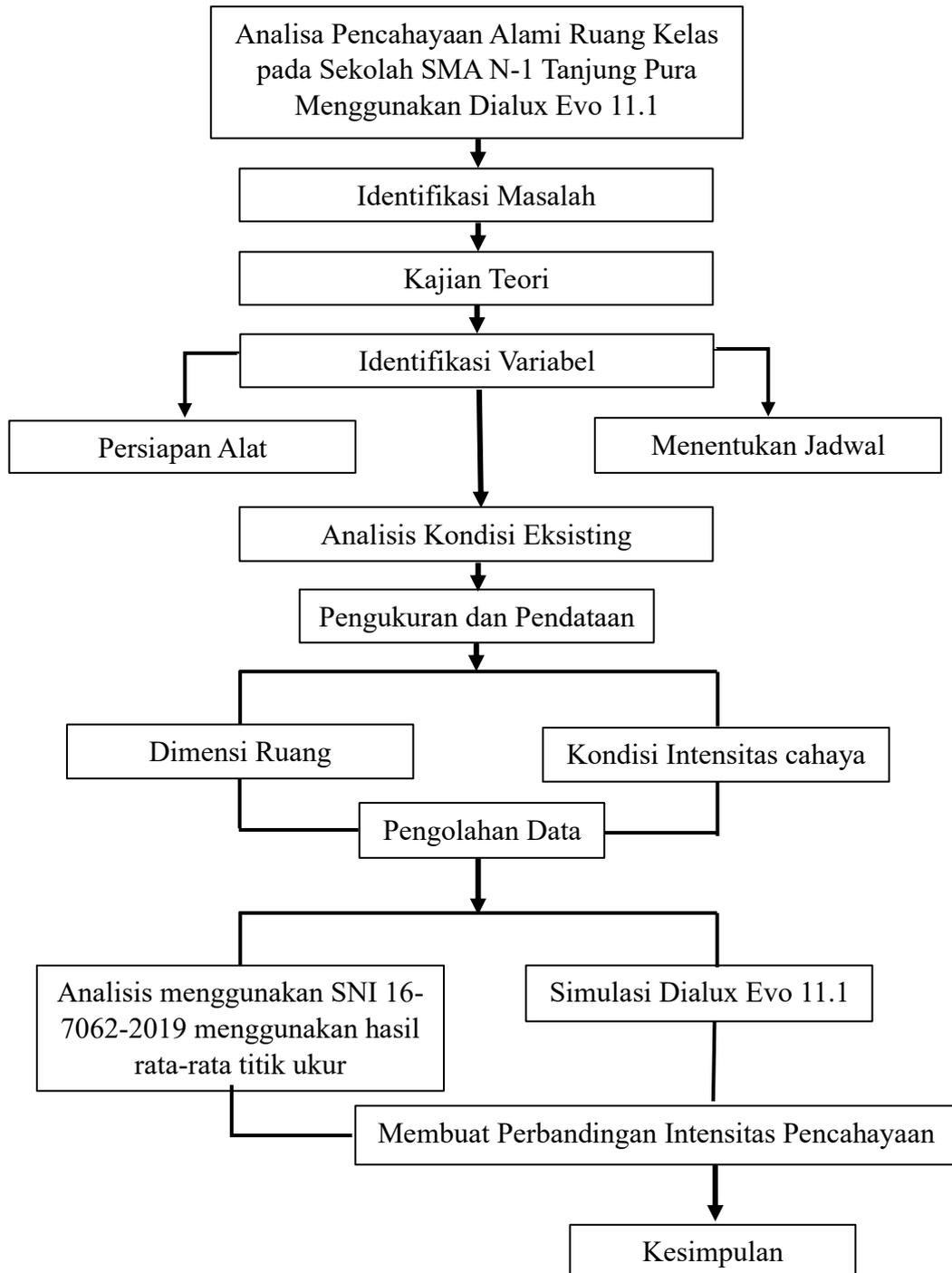
Setelah melakukan tahap awal dan tahap observasi peneliti melakukan pengumpulan data yang berupa dokumentasi objek penelitian. Dokumentasi berupa foto dari objek penelitian. Pada tahap ini peneliti melakukan pengukuran secara langsung mengenai objek penelitian seperti mengukur setiap ruangan menggunakan alat meteran yang nantinya hasil pengukuran ruang akan dijadikan 3D *modelling* pada tahap analisis. Peneliti juga melakukan pengamatan pencahayaan alami menggunakan alat *lux meter* dan mencatat hasil dari pengamatan yang hasilnya nanti akan dijadikan sebagai data *eksisting* dalam penelitian ini.

4. Tahap Analisis

Pada fase ini, peneliti menganalisis data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya. Data penelitian yang terhimpun memiliki sifat kuantitatif, dan analisis data dilakukan sesuai dengan panduan yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2396-2001 mengenai pencahayaan alami. Pada tahap ini, peneliti juga menggunakan perangkat lunak simulasi, yaitu *Dialux Evo 11.1*, untuk membandingkan data *eksisting* dengan hasil simulasi guna menilai tingkat akurasi.

3.9 Diagram Alur Penelitian

Berikut adalah alur dari penelitian ini:



Gambar 3 15 Alur penelitian (Analisa Penulis, 2023)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Objek Penelitian

Objek penelitian yang ini adalah SMA N-1 Tanjung Pura yang terletak di Jalan Sudirman Nomor 52, Pekan Tanjung Pura, Kecamatan Tanjung Pura, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Sekolah menengah atas ini memiliki susunan ruangan yang tidak teratur karena keterbatasan lahan yang tersedia.

Tampak luar sekolah SMA N-1 Tanjung Pura bisa dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Tampak luar sekolah (Dokumentasi Penulis, 2023)

Bangunan dalam lingkungan sekolah SMA N-1 Tanjung Pura bisa dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Tampak dalam lingkungan sekolah (Dokumentasi Penulis, 2023)

Pada gambar di atas tidak menampilkan tampilan perspektif dari sekolah dikarenakan lahan yang terbatas dan juga pada sekitar sekolah tersebut dikelilingi bangunan tinggi. Bagian dalam sekolah juga tidak seperti sekolah biasa yang menampilkan denah sekolah dengan bentuk persegi atau petak.

Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura memiliki denah yang tidak beraturan, bisa dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4. 3 Denah sekolah SMA N-1 Tanjung Pura (Analisa Penulis, 2023)

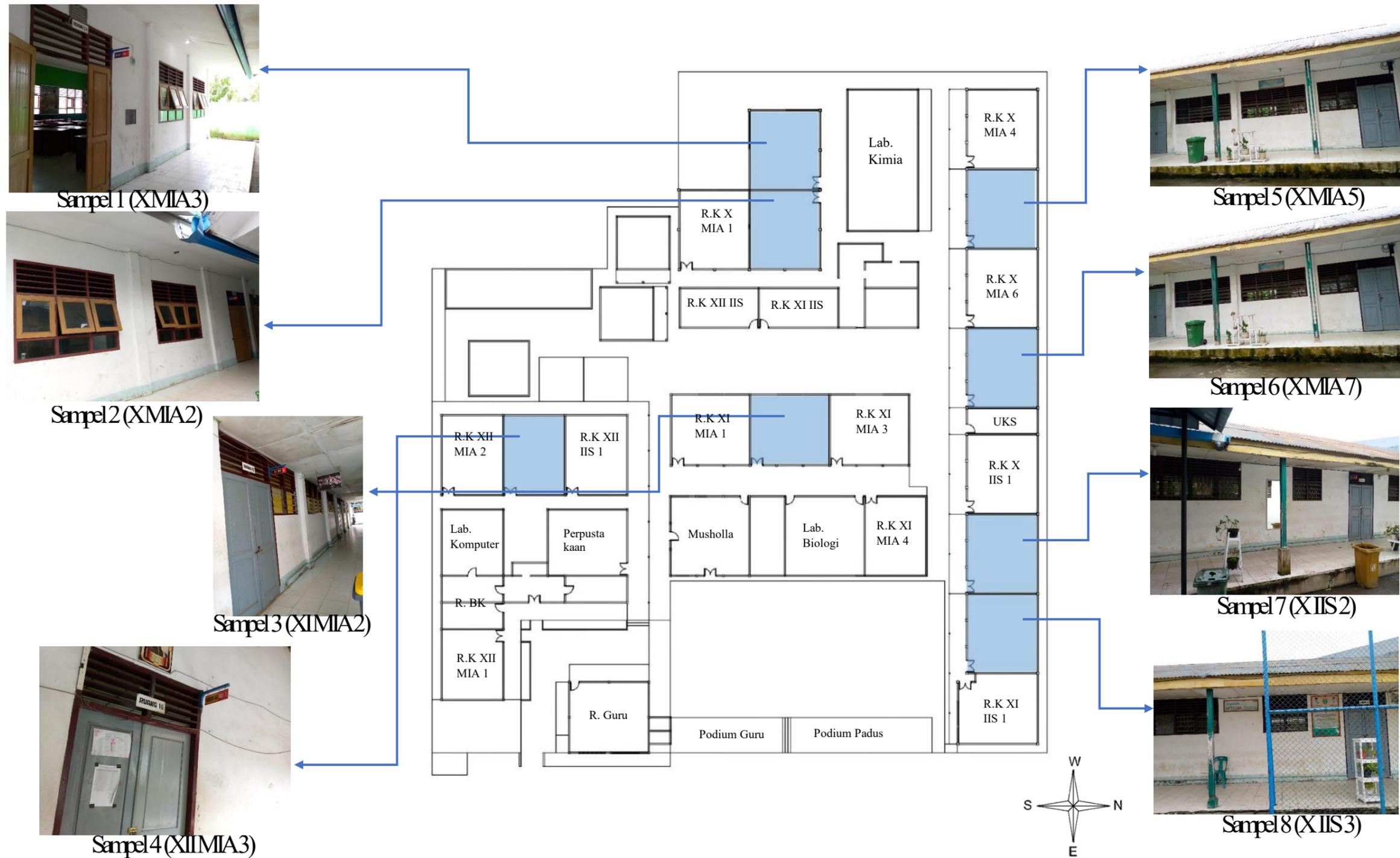
Gambar denah di atas adalah gambar denah secara keseluruhan sekolah SMA N-1 Tanjung Pura yang nantinya akan dijadikan sebagai bahan penelitian. Denah sekolah memiliki orientasi ke arah Timur.

Menurut Wijaya (Tanpa tahun, dalam Harisun, 2020), sinar matahari akan menghangatkan seluruh area bangunan yang menghadapnya. Arah Timur saat matahari terbit menimbulkan panas yang tidak nyaman mulai jam 09:00 hingga 11:00 WIB. Sedangkan arah Barat seperti arah matahari terbenam, memancarkan panas maksimum mulai jam 13:00 hingga 15:00 WIB. Matahari memancarkan radiasi yang mempengaruhi bangunan dan juga dapat menimbulkan gangguan

karena panas dan silaunya. Karena itu, orientasi bangunan memiliki dampak signifikan terhadap jumlah cahaya yang dapat masuk ke dalam ruangan.

Secara total, terdapat 21 ruang kelas, dan dengan menggunakan teknik *purposive sampling*, sebanyak 8 ruang kelas telah dipilih sebagai sampel dalam penelitian ini. Pengambilan sampel diambil berdasarkan orientasi denah ruang kelas pada sekolah tersebut. Sampel ruang kelas yang diambil akan dideskripsikan dengan gambar *mapping*. *Mapping*, denah dan tampak sampel penelitian dideskripsikan pada gambar 4.4 dan tabel 4.1 berikut:

Sampel ruang kelas yang diambil untuk penelitian ini menggunakan metode *mapping* yang bisa dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini:



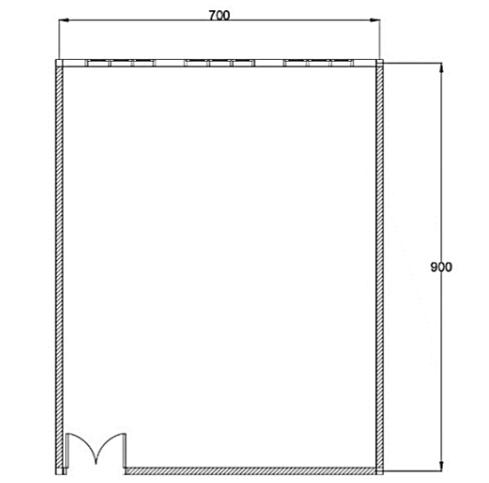
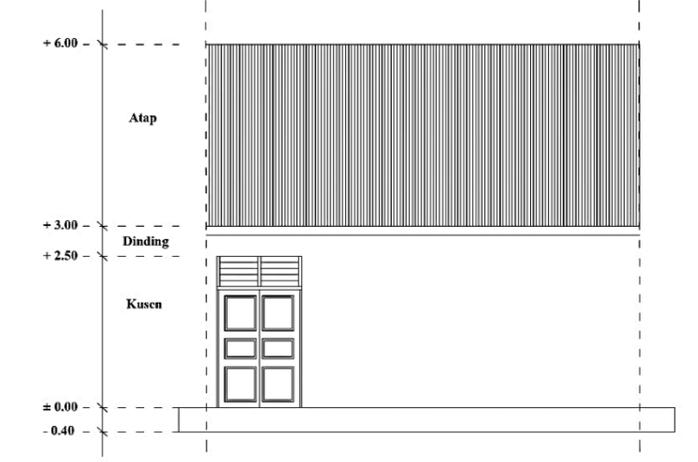
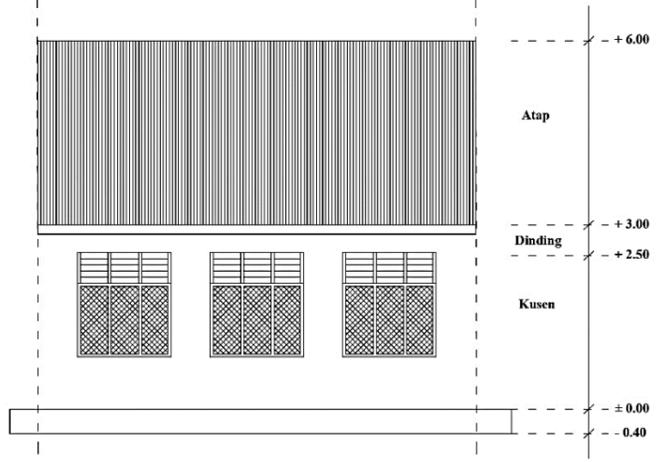
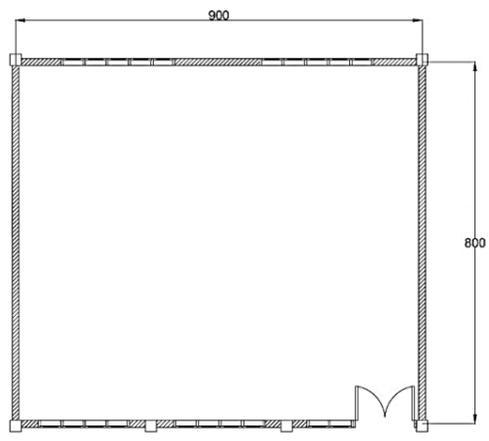
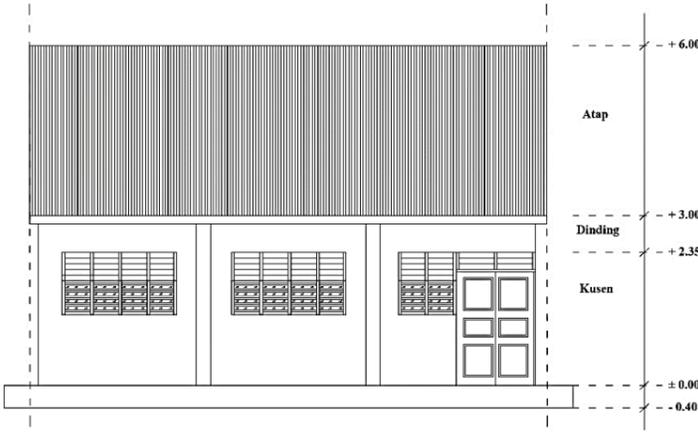
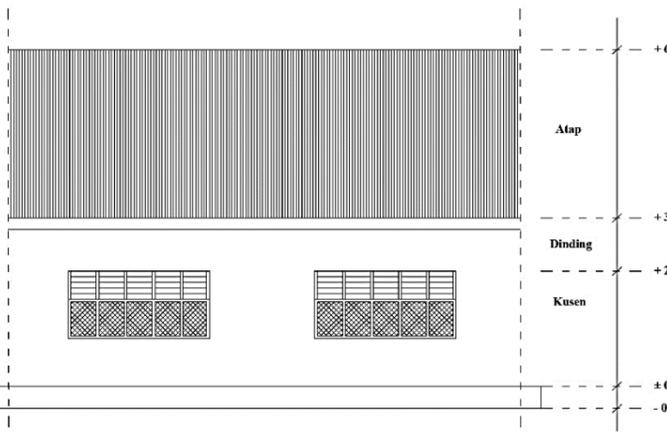
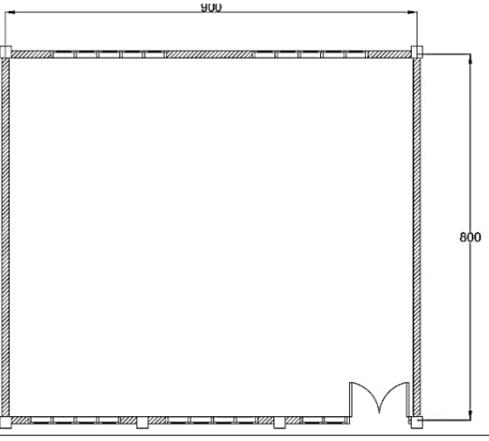
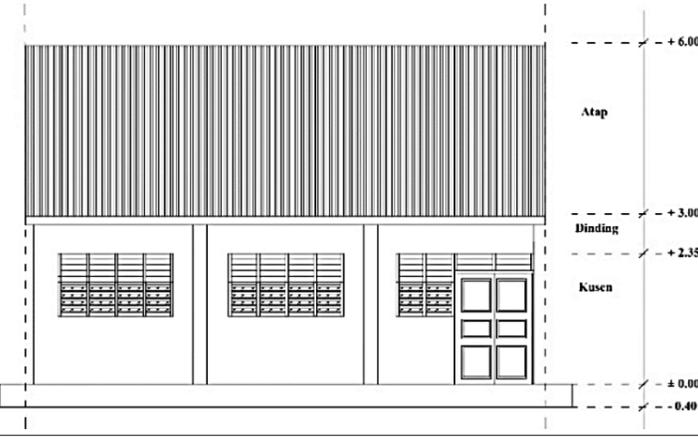
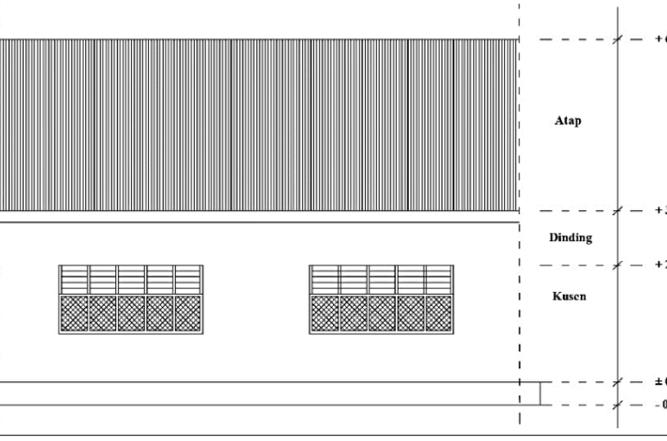
Gambar 4. 4 Denah lokasi sampel (Analisa Penulis, 2023)

Setelah melakukan mapping pada denah sampel maka selanjutnya akan dilakukan pemodelan denah dan tampak yang bisa di lihat pada tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Denah dan tampak sampel (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Kelas	Denah	Tampak	
			Depan	Belakang
1	XMIA3			
2	XMIA2			
3	XIMIA2			

Tabel 4.1 (Lanjutan)

<p>4</p>	<p>XIIMIA3</p>			
<p>5</p>	<p>XMIA5</p>			
<p>6</p>	<p>XMIA7</p>			

Tabel 4.1 (Lanjutan)

<p>7</p>	<p>XIS2</p>			
<p>8</p>	<p>XIS3</p>			

4.2 Analisis Distribusi Pencahayaan Alami pada Ruang Kelas

Data sebaran cahaya alami di dalam kelas akan diperoleh dengan melakukan proses pengukuran cahaya pada titik tertentu di dalam ruangan. Penentuan titik pengukuram di dalam kelas berdasarkan SNI 7069-2019 adalah sebagai berikut:

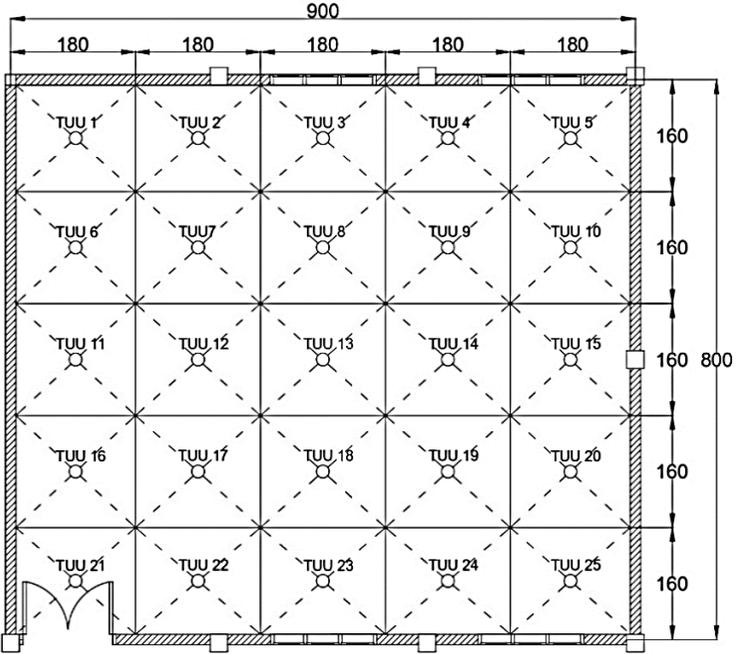
Penentuan titik pengukuran menggunakan pengukuran pencahayaan umum yang akan dijelaskan sebagai berikut:

Pengukuran pencahayaan umum terbagi lagi menjadi tiga bagian yaitu:

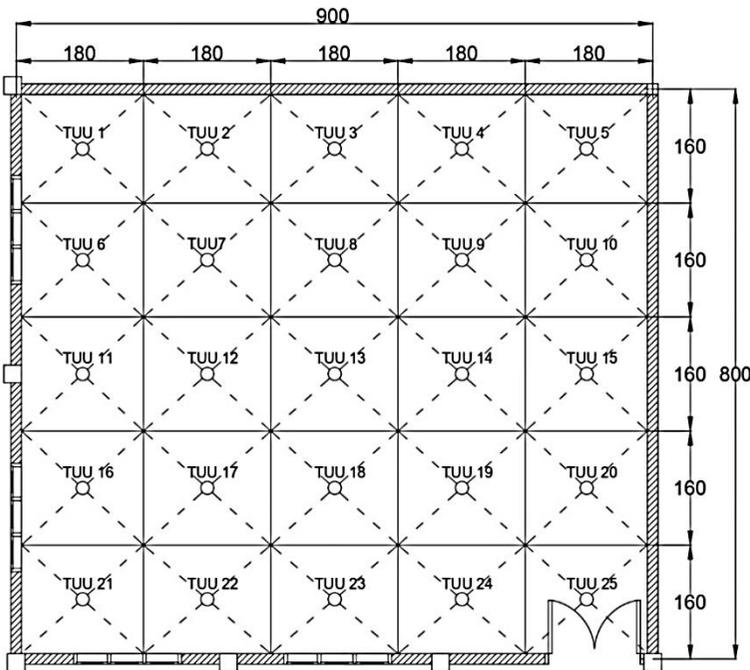
1. Untuk ruangan dengan luas kurang dari 50 m², jumlah titik pengukuran dihitung dengan memperhatikan bahwa setiap titik pengukuran mewakili luas maksimal 3 m². Titik-titik pengukuran ditempatkan di titik-titik pertemuan antara dua diagonal yang membentang dari panjang dan lebar ruangan.
2. Untuk ruangan yang memiliki luas antara 50 m² hingga 100 m², minimal diperlukan 25 titik pengukuran. Titik-titik pengukuran ini juga ditempatkan pada titik pertemuan antara dua diagonal yang membentang dari panjang dan lebar ruangan.
3. Jika luas ruangan melebihi 100 m², dibutuhkan minimal 36 titik pengukuran. Posisi titik-titik pengukuran juga disusun pada titik pertemuan antara dua diagonal yang membentang dari panjang dan lebar ruangan.

Penjelasan mengenai penentuan titik pengukuran akan disajikan dalam tabel 4.2 di bawah ini:

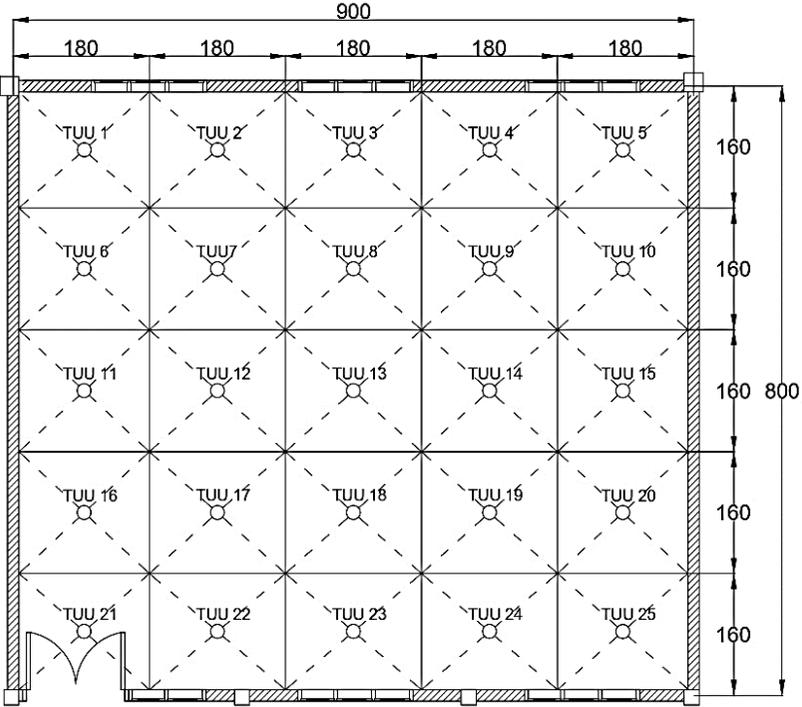
Tabel 4.2 Penentuan titik ukur (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Denah	Jumlah Titik	Keterangan
1	<p style="text-align: center;">R.K X MIA 3</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>

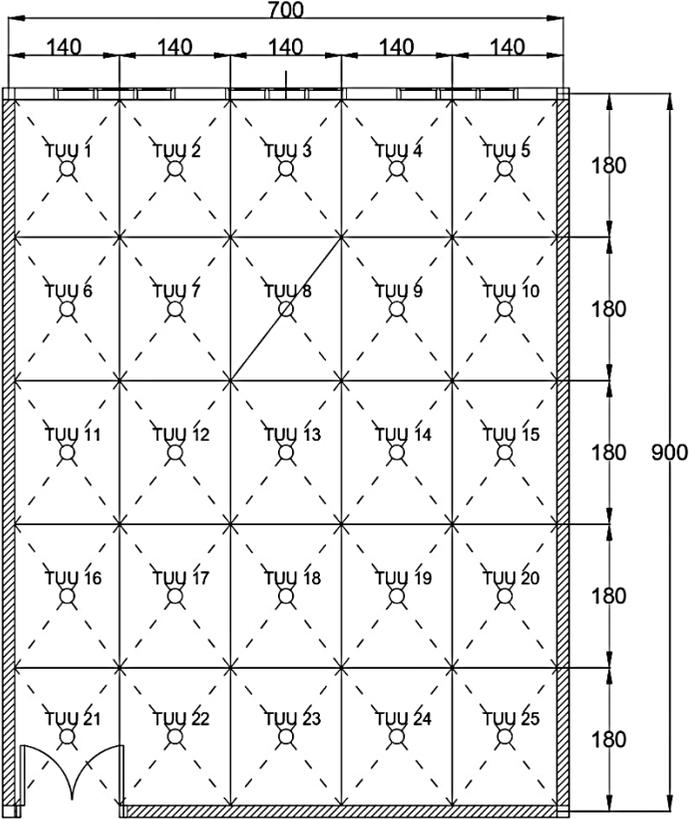
Tabel 4.2 (Lanjutan)

2	<p style="text-align: center;">R.K X MIA 2</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>
---	---	----------	--

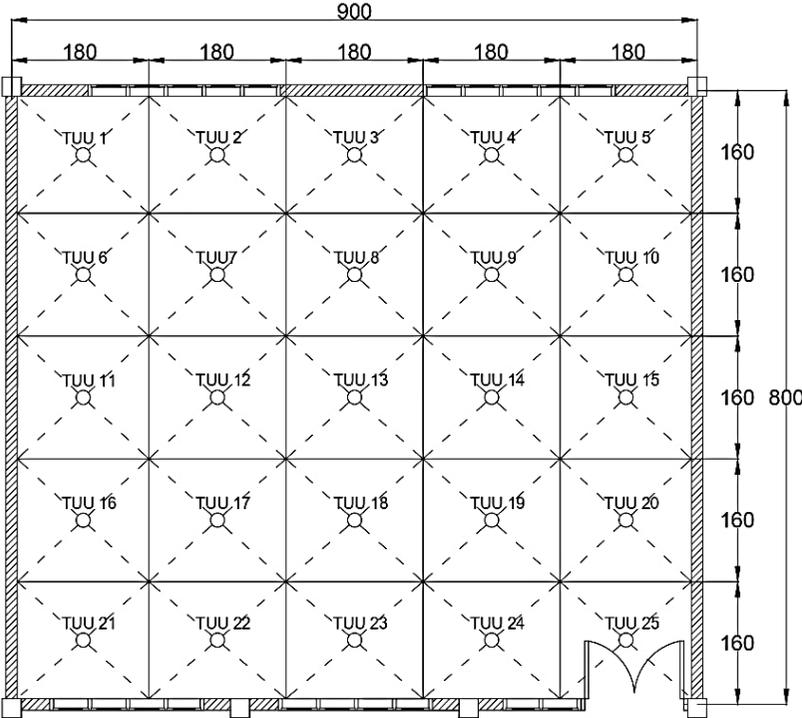
Tabel 4.2 (Lanjutan)

3	<p style="text-align: center;">R.K XI MIA 2</p>  <p>The diagram shows a rectangular room with a grid of measurement points. The total width is 900 units, divided into five equal segments of 180 units each. The total height is 800 units, divided into five equal segments of 160 units each. The measurement points are labeled TUU 1 through TUU 25. TUU 1 to TUU 5 are in the top row, TUU 6 to TUU 10 in the second row, TUU 11 to TUU 15 in the third row, TUU 16 to TUU 20 in the fourth row, and TUU 21 to TUU 25 in the bottom row. The points are arranged in a staggered pattern, with TUU 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 in the first column and TUU 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 in the second column. A door is located at the bottom left corner, between TUU 21 and TUU 22.</p>	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p> <p style="text-align: center;">25 titik</p>
---	--	--

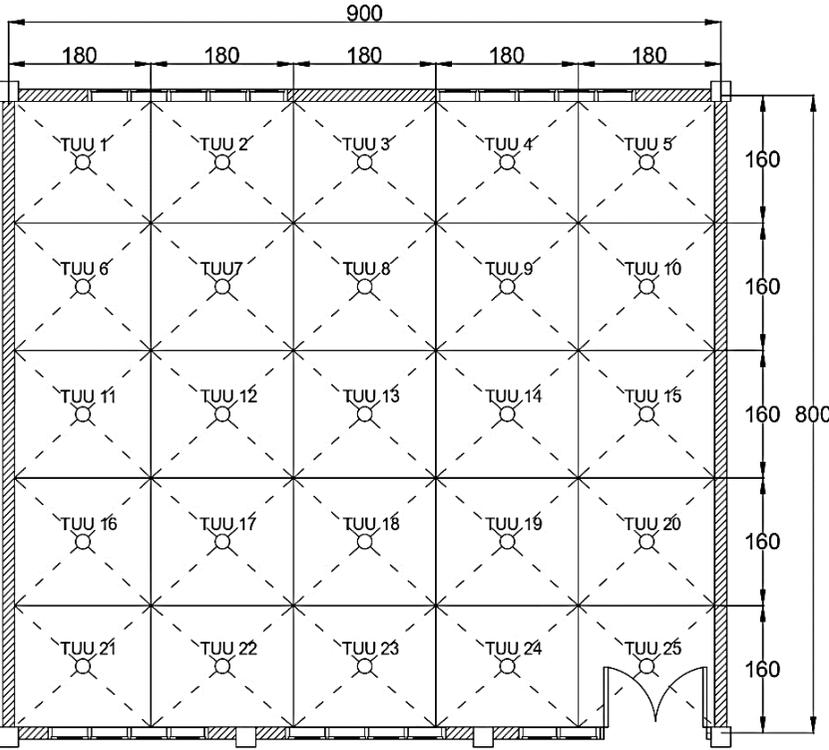
Tabel 4.2 (Lanjutan)

4	<p style="text-align: center;">R.K XII MIA 3</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.4 m x 1.8 m dengan kedalaman ruang 9 m.</p>
---	---	----------	--

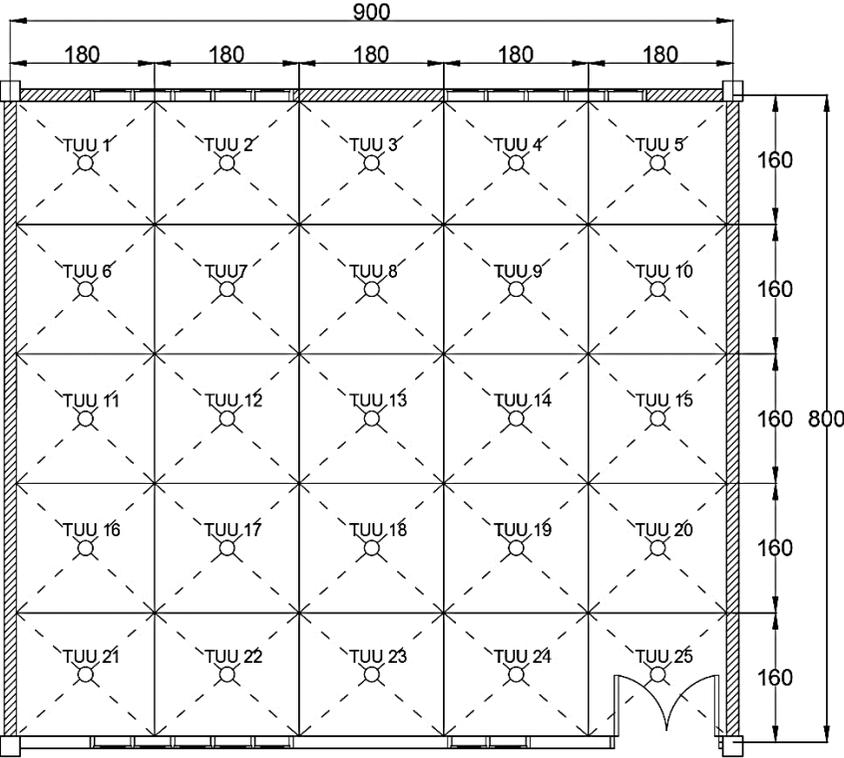
Tabel 4.2 (Lanjutan)

5	<p style="text-align: center;">R.K X MIA 5</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>
----------	---	----------	--

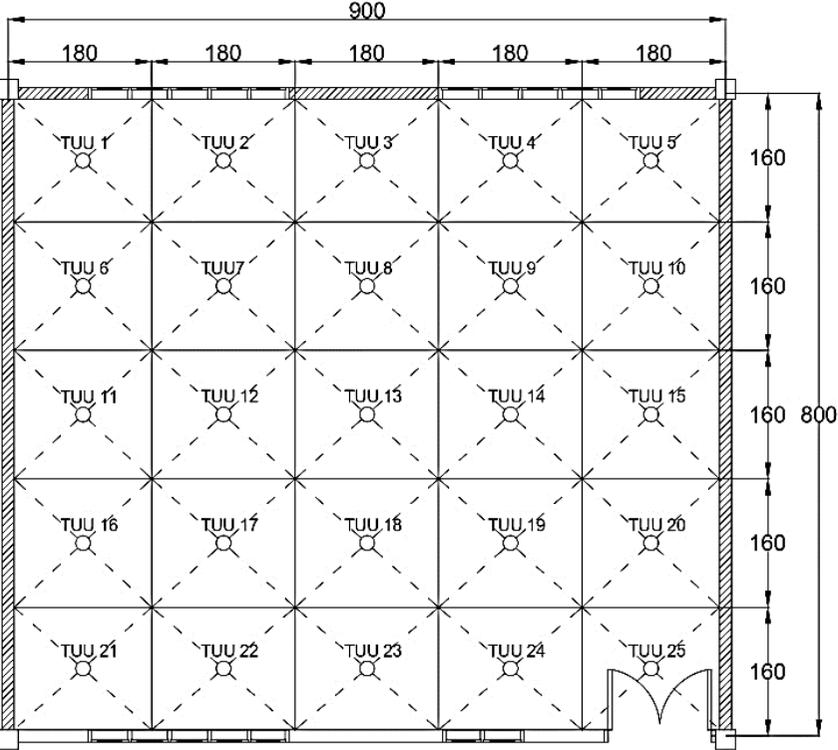
Tabel 4.2 (Lanjutan)

6	<p style="text-align: center;">R.K X MIA 7</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>
----------	---	----------	--

Tabel 4.2 (Lanjutan)

7	<p style="text-align: center;">R.K X IIS 2</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>
---	---	----------	--

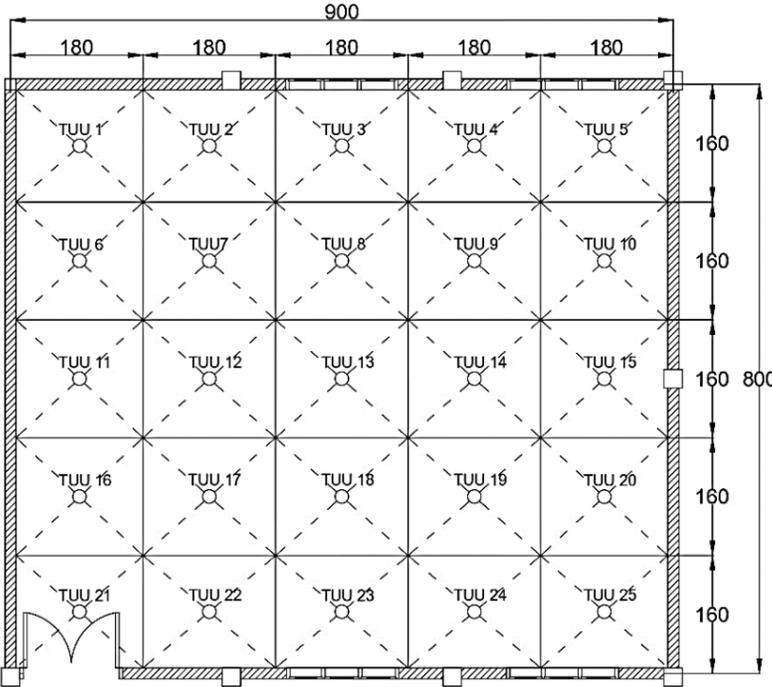
Tabel 4.2 (Lanjutan)

8	<p style="text-align: center;">R.K X IIS 3</p> 	25 titik	<p>Pada pengukuran ruang kelas dengan luas 72 m² memiliki jumlah titik ukur 25 titik dengan ketentuan jarak 1.8 m x 1.6 m dengan kedalaman ruang 8 m.</p>
----------	---	----------	--

Penentuan titik pengukuran cahaya berdasarkan SNI 7069-2019 memiliki kesamaan dalam menentukan jarak antar titik, karena hampir semua sampel yang diambil mempunyai luas ruangan yang sama. Hanya terdapat satu ruang kelas dengan luas yang berbeda yaitu Kelas XII MIA 3. Setelah menentukan titik pengukuran cahaya untuk setiap sampel, langkah selanjutnya adalah menggunakan metode pengukuran langsung dengan lux meter. Ketinggian bidang ukur dari permukaan tanah yang digunakan untuk pengukuran adalah 0,8 m.

Dalam penelitian ini, pengukuran intensitas pencahayaan dilakukan dalam dua kondisi cuaca yang berbeda, yaitu saat langit cerah dan langit mendung. Pengukuran dilakukan dalam dua periode waktu yang berbeda, yaitu antara pukul 08:00 hingga 10:00 WIB dan antara pukul 11:00 hingga 13:00 WIB. Hasil pengukuran titik pengukuran akan diuraikan lebih lanjut dalam tabel 4.3, dan grafik yang mendukungnya akan disajikan seperti yang tercantum di bawah ini..

Tabel 4.3 Nilai rata-rata pencahayaan alami berdasarkan SNI 7062-2019 pada kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

Sampel Denah	Lokasi/titik	Hasil Pengukuran (Lux) Pukul 08.00-10.00 WIB	Hasil Pengukuran (Lux) Pukul 11.00-13.00 WIB	Keterangan (dapat diisi dengan kondisi lampu, cuaca, jendela, dan lain-lain)
<p style="text-align: center;">Sampel 1 (XMIA.3)</p> 	25 titik			
	1	186	156	Langit cerah
	2	239	215	Langit cerah
	3	451	809	Langit cerah
	4	511	729	Langit cerah
	5	595	883	Langit cerah
	6	173	190	Langit cerah
	7	252	252	Langit cerah
	8	399	284	Langit cerah
	9	462	417	Langit cerah
	10	459	354	Langit cerah
	11	188	136	Langit cerah
	12	334	182	Langit cerah
	13	161	92	Langit cerah
	14	234	170	Langit cerah
	15	292	169	Langit cerah
	16	490	397	Langit cerah
	17	328	395	Langit cerah
	18	195	305	Langit cerah
	19	304	358	Langit cerah
	20	293	250	Langit cerah
	21	566	758	Langit cerah
	22	504	649	Langit cerah
	23	588	704	Langit cerah
	24	431	433	Langit cerah
	25	437	375	Langit cerah
Total rata-rata	362,88	386,4		
Emin	161	92		
Emax	595	809		

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 2 (XMIA 2)		25 titik		
	1	118	356	Langit cerah
	2	182	128	Langit cerah
	3	170	123	Langit cerah
	4	137	96	Langit cerah
	5	108	77	Langit cerah
	6	377	451	Langit cerah
	7	235	223	Langit cerah
	8	227	219	Langit cerah
	9	191	162	Langit cerah
	10	149	110	Langit cerah
	11	284	392	Langit cerah
	12	249	409	Langit cerah
	13	346	163	Langit cerah
	14	219	259	Langit cerah
	15	159	145	Langit cerah
	16	541	761	Langit cerah
	17	534	675	Langit cerah
	18	468	551	Langit cerah
	19	319	370	Langit cerah
	20	159	181	Langit cerah
	21	620	708	Langit cerah
	22	546	459	Langit cerah
	23	597	486	Langit cerah
	24	250	355	Langit cerah
	25	533	393	Langit cerah
Total rata-rata	308,72	330,08		
Emin	108	77		
Emax	620	708		

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 3 (XIMIA 2)		25 titik		
	1	723	862	Langit cerah
	2	593	630	Langit cerah
	3	996	875	Langit cerah
	4	862	534	Langit cerah
	5	874	667	Langit cerah
	6	506	270	Langit cerah
	7	490	280	Langit cerah
	8	477	286	Langit cerah
	9	403	256	Langit cerah
	10	332	156	Langit cerah
	11	447	182	Langit cerah
	12	443	188	Langit cerah
	13	420	198	Langit cerah
	14	365	190	Langit cerah
	15	331	174	Langit cerah
	16	529	191	Langit cerah
	17	564	234	Langit cerah
	18	528	255	Langit cerah
	19	519	237	Langit cerah
	20	414	207	Langit cerah
	21	974	697	Langit cerah
	22	658	628	Langit cerah
	23	892	378	Langit cerah
	24	454	242	Langit cerah
	25	589	523	Langit cerah
Total rata-rata	575,32	373,6		
Emin	331	156		
Emax	996	875		

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 4 (XII MIA.3)		25 titik			
		1	144	375	Langit cerah
		2	158	347	Langit cerah
		3	143	304	Langit cerah
		4	89	252	Langit cerah
		5	76	188	Langit cerah
		6	14	35	Langit cerah
		7	12	54	Langit cerah
		8	10	49	Langit cerah
		9	10	35	Langit cerah
		10	9	26	Langit cerah
		11	9	8	Langit cerah
		12	4	9	Langit cerah
		13	5	9	Langit cerah
		14	7	8	Langit cerah
		15	6	7	Langit cerah
		16	5	12	Langit cerah
		17	7	14	Langit cerah
		18	7	14	Langit cerah
		19	5	12	Langit cerah
		20	4	11	Langit cerah
		21	25	19	Langit cerah
		22	25	29	Langit cerah
		23	5	26	Langit cerah
		24	4	22	Langit cerah
		25	4	17	Langit cerah
Total rata-rata	31,48	75,28			
Emin	4	7			
Emax	158	375			

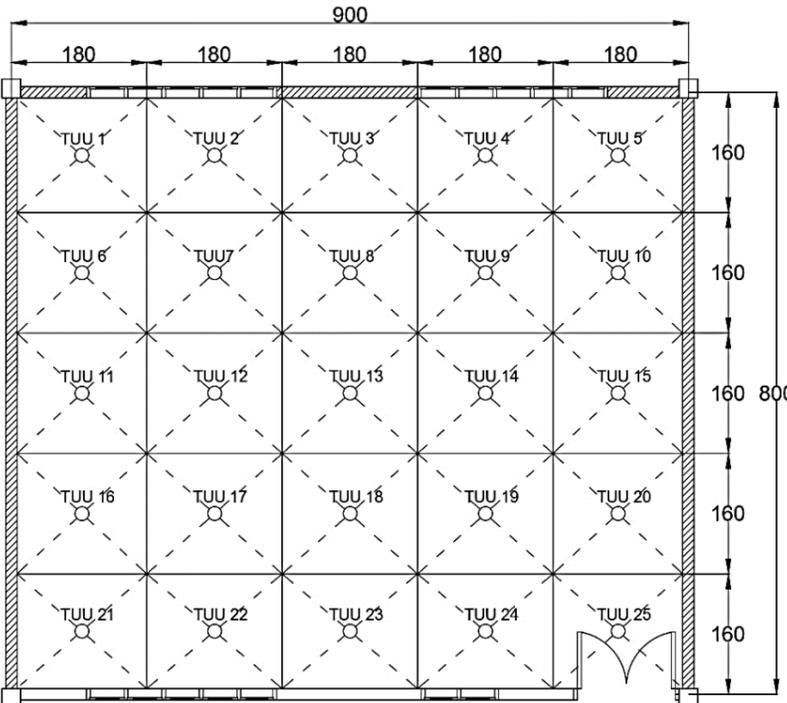
Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 5 (XMIA5)		25 titik		
<p style="text-align: center;">900</p> <p style="text-align: center;">180 180 180 180 180</p> <p style="text-align: center;">160 160 160 160 160 800</p> <p style="text-align: center;">TUU 1 TUU 2 TUU 3 TUU 4 TUU 5</p> <p style="text-align: center;">TUU 6 TUU 7 TUU 8 TUU 9 TUU 10</p> <p style="text-align: center;">TUU 11 TUU 12 TUU 13 TUU 14 TUU 15</p> <p style="text-align: center;">TUU 16 TUU 17 TUU 18 TUU 19 TUU 20</p> <p style="text-align: center;">TUU 21 TUU 22 TUU 23 TUU 24 TUU 25</p>	1	643	852	Langit cerah
	2	754	558	Langit cerah
	3	481	525	Langit cerah
	4	747	556	Langit cerah
	5	669	835	Langit cerah
	6	557	528	Langit cerah
	7	686	493	Langit cerah
	8	466	559	Langit cerah
	9	604	490	Langit cerah
	10	490	525	Langit cerah
	11	453	353	Langit cerah
	12	346	407	Langit cerah
	13	232	280	Langit cerah
	14	447	277	Langit cerah
	15	411	399	Langit cerah
	16	479	467	Langit cerah
	17	577	475	Langit cerah
	18	324	402	Langit cerah
	19	475	454	Langit cerah
	20	472	683	Langit cerah
	21	590	532	Langit cerah
	22	645	518	Langit cerah
	23	852	580	Langit cerah
	24	768	412	Langit cerah
	25	985	719	Langit cerah
Total rata-rata	566,12	515,16		
Emin	232	277		
Emax	985	852		

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 6 (XMI A 7)		25 titik			
		1	452	769	Langit cerah
		2	392	733	Langit cerah
		3	254	703	Langit cerah
		4	353	722	Langit cerah
		5	244	698	Langit cerah
		6	192	646	Langit cerah
		7	205	627	Langit cerah
		8	280	518	Langit cerah
		9	264	575	Langit cerah
		10	233	407	Langit cerah
		11	115	391	Langit cerah
		12	189	413	Langit cerah
		13	163	280	Langit cerah
		14	169	392	Langit cerah
		15	179	324	Langit cerah
		16	272	446	Langit cerah
		17	291	530	Langit cerah
		18	162	492	Langit cerah
		19	252	502	Langit cerah
		20	300	367	Langit cerah
		21	238	549	Langit cerah
		22	440	562	Langit cerah
		23	454	682	Langit cerah
		24	390	677	Langit cerah
		25	492	690	Langit cerah
Total rata-rata	272,52	547,44			
Emin	115	280			
Emax	492	769			

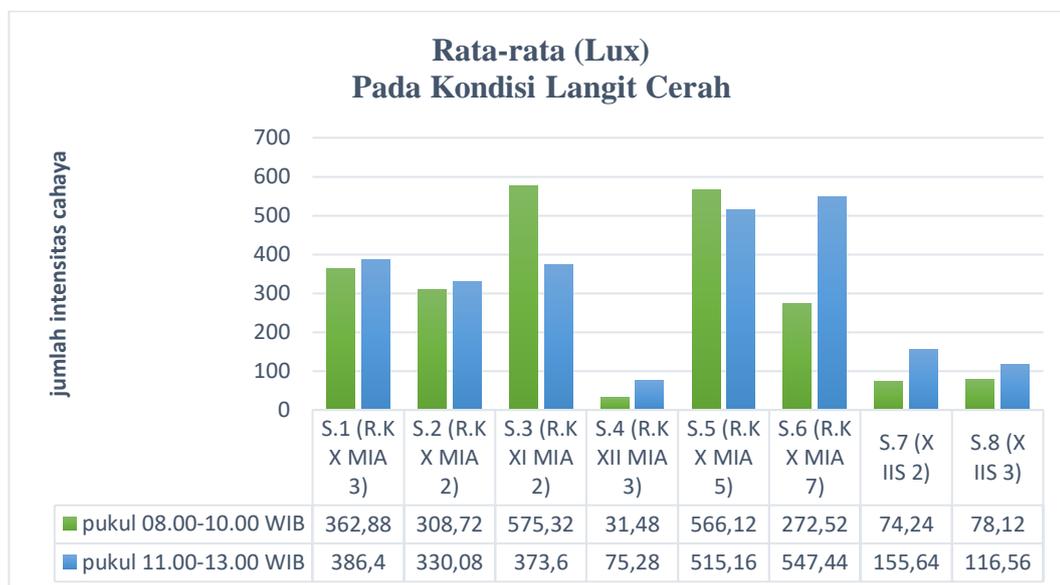
Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 7 (XIS2)		25 titik			
		1	57	83	Langit cerah
		2	65	130	Langit cerah
		3	31	106	Langit cerah
		4	45	175	Langit cerah
		5	53	88	Langit cerah
		6	36	72	Langit cerah
		7	39	77	Langit cerah
		8	37	74	Langit cerah
		9	39	63	Langit cerah
		10	31	50	Langit cerah
		11	25	62	Langit cerah
		12	32	53	Langit cerah
		13	30	61	Langit cerah
		14	35	74	Langit cerah
		15	27	67	Langit cerah
		16	42	49	Langit cerah
		17	25	62	Langit cerah
		18	88	113	Langit cerah
		19	112	222	Langit cerah
		20	155	229	Langit cerah
		21	185	366	Langit cerah
		22	211	417	Langit cerah
		23	116	307	Langit cerah
		24	161	315	Langit cerah
		25	291	576	Langit cerah
Total rata-rata		74,24	155,64		
Emin		25	49		
Emax		291	576		

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Sampel 8 (XIS3)		25 titik			
		1	41	92	Langit cerah
		2	61	142	Langit cerah
		3	32	66	Langit cerah
		4	56	111	Langit cerah
		5	46	53	Langit cerah
		6	40	80	Langit cerah
		7	46	92	Langit cerah
		8	40	81	Langit cerah
		9	33	65	Langit cerah
		10	25	50	Langit cerah
		11	35	83	Langit cerah
		12	39	82	Langit cerah
		13	36	73	Langit cerah
		14	27	70	Langit cerah
		15	30	60	Langit cerah
		16	71	45	Langit cerah
		17	23	78	Langit cerah
		18	84	115	Langit cerah
		19	112	218	Langit cerah
		20	150	226	Langit cerah
		21	178	157	Langit cerah
		22	209	284	Langit cerah
		23	114	122	Langit cerah
		24	154	171	Langit cerah
		25	289	298	Langit cerah
Total rata-rata		78,12	116,56		
Emin		23	45		
Emax		289	298		

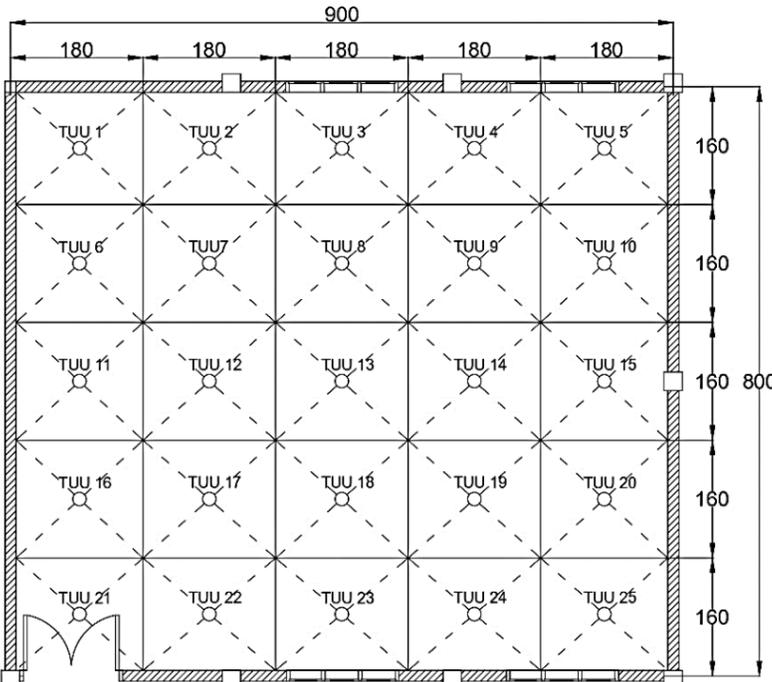
Dari nilai rata-rata pencahayaan alami yang telah disebutkan di atas, dapat dilakukan perbandingan antara tingkat pencahayaan pada setiap sampel ruang kelas. Intensitas pencahayaan alami untuk masing-masing sampel pada interval waktu 08:00-10:00 WIB dan 11:00-13:00 WIB saat cuaca cerah dijelaskan dalam grafik yang terlampir di bawah ini.



Gambar 4. 5 Grafik nilai rata-rata pencahayaan alami pada kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

Nilai rata-rata pada grafik di atas menunjukkan tingkat intensitas cahaya pada masing-masing sampel yang diteliti pada pukul 08.00 WIB. Intensitas cahaya alami tertinggi diperoleh pada sampel 3 (R.K XI MIA 2) dengan nilai 575,32 lux, sedangkan intensitas cahaya alami terendah diperoleh pada sampel 4 (R.K XII MIA 3) dengan nilai 31,48 lux. Pada pukul 12:00 WIB intensitas cahaya alami tertinggi diperoleh pada sampel 6 (R.K X MIA 7) dengan nilai 547,44 lux, sedangkan intensitas cahaya alami terendah diperoleh pada sampel 4 (R.K XII MIA 3) dengan nilai 75,28 lux.

Tabel 4.4 Nilai rata-rata pencahayaan alami berdasarkan SNI 7062-2019 pada kondisi langit mendung (Aralisa Penulis, 2023)

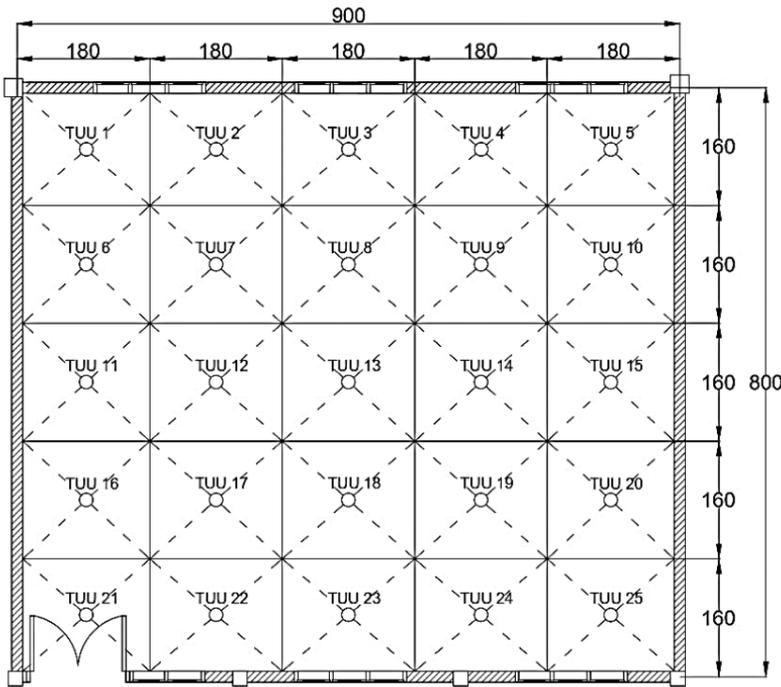
Sampel Denah	Lokasi/titik	Hasil Pengukuran (Lux) Pukul 08.00-10.00 WIB	Hasil Pengukuran (Lux) Pukul 11.00-13.00 WIB	Keterangan (dapat diisi dengan kondisi lampu, cuaca, jendela, dan lain-lain)
<p style="text-align: center;">Sampel 1 (XMIA 3)</p> 	25 titik			
	1	15	31	Langit mendung
	2	58	115	Langit mendung
	3	209	187	Langit mendung
	4	125	151	Langit mendung
	5	209	150	Langit mendung
	6	29	38	Langit mendung
	7	33	41	Langit mendung
	8	51	66	Langit mendung
	9	44	76	Langit mendung
	10	20	88	Langit mendung
	11	20	40	Langit mendung
	12	38	59	Langit mendung
	13	38	27	Langit mendung
	14	31	76	Langit mendung
	15	19	62	Langit mendung
	16	44	102	Langit mendung
	17	45	146	Langit mendung
	18	88	185	Langit mendung
	19	85	174	Langit mendung
	20	13	168	Langit mendung
	21	231	230	Langit mendung
	22	98	109	Langit mendung
	23	95	271	Langit mendung
	24	55	245	Langit mendung
	25	76	108	Langit mendung
Total rata-rata	70,76	117,8		
Emin	15	31		
Emax	231	271		

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 2 (XMIA 2)		25 titik		
	1	153	156	Langitmendung
	2	19	38	Langitmendung
	3	15	31	Langitmendung
	4	10	21	Langitmendung
	5	6	13	Langitmendung
	6	5	194	Langitmendung
	7	27	53	Langitmendung
	8	23	45	Langitmendung
	9	15	31	Langitmendung
	10	10	19	Langitmendung
	11	79	152	Langitmendung
	12	35	69	Langitmendung
	13	35	69	Langitmendung
	14	21	42	Langitmendung
	15	11	23	Langitmendung
	16	161	214	Langitmendung
	17	79	94	Langitmendung
	18	13	20	Langitmendung
	19	37	25	Langitmendung
	20	109	73	Langitmendung
	21	196	349	Langitmendung
	22	208	273	Langitmendung
	23	217	217	Langitmendung
	24	48	156	Langitmendung
	25	299	430	Langitmendung
Total rata-rata	73,24	112,28		
Emin	5	13		
Emax	299	430		

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 3 (XIMIA 2)



25 titik			
1	91	116	Langitmendung
2	99	125	Langitmendung
3	139	153	Langitmendung
4	72	148	Langitmendung
5	116	161	Langitmendung
6	63	126	Langitmendung
7	58	120	Langitmendung
8	75	139	Langitmendung
9	68	128	Langitmendung
10	67	124	Langitmendung
11	44	87	Langitmendung
12	51	101	Langitmendung
13	53	105	Langitmendung
14	50	100	Langitmendung
15	48	95	Langitmendung
16	48	96	Langitmendung
17	64	128	Langitmendung
18	76	150	Langitmendung
19	66	131	Langitmendung
20	67	132	Langitmendung
21	153	275	Langitmendung
22	91	268	Langitmendung
23	118	260	Langitmendung
24	69	207	Langitmendung
25	46	100	Langitmendung
Total rata-rata	75,72	143	
Emin	44	87	
Emax	139	275	

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 4 (XII MIA.3)		25 titik			
		1	232	229	Langit mending
		2	239	236	Langit mending
		3	214	221	Langit mending
		4	150	148	Langit mending
		5	92	96	Langit mending
		6	21	21	Langit mending
		7	33	33	Langit mending
		8	32	32	Langit mending
		9	19	19	Langit mending
		10	17	16	Langit mending
		11	4	13	Langit mending
		12	6	18	Langit mending
		13	13	17	Langit mending
		14	12	12	Langit mending
		15	11	12	Langit mending
		16	8	15	Langit mending
		17	9	16	Langit mending
		18	9	15	Langit mending
		19	7	12	Langit mending
		20	7	9	Langit mending
		21	18	19	Langit mending
		22	17	18	Langit mending
		23	6	11	Langit mending
		24	4	11	Langit mending
		25	4	8	Langit mending
Total rata-rata	47,36	50,28			
Emin	4	8			
Emax	239	236			

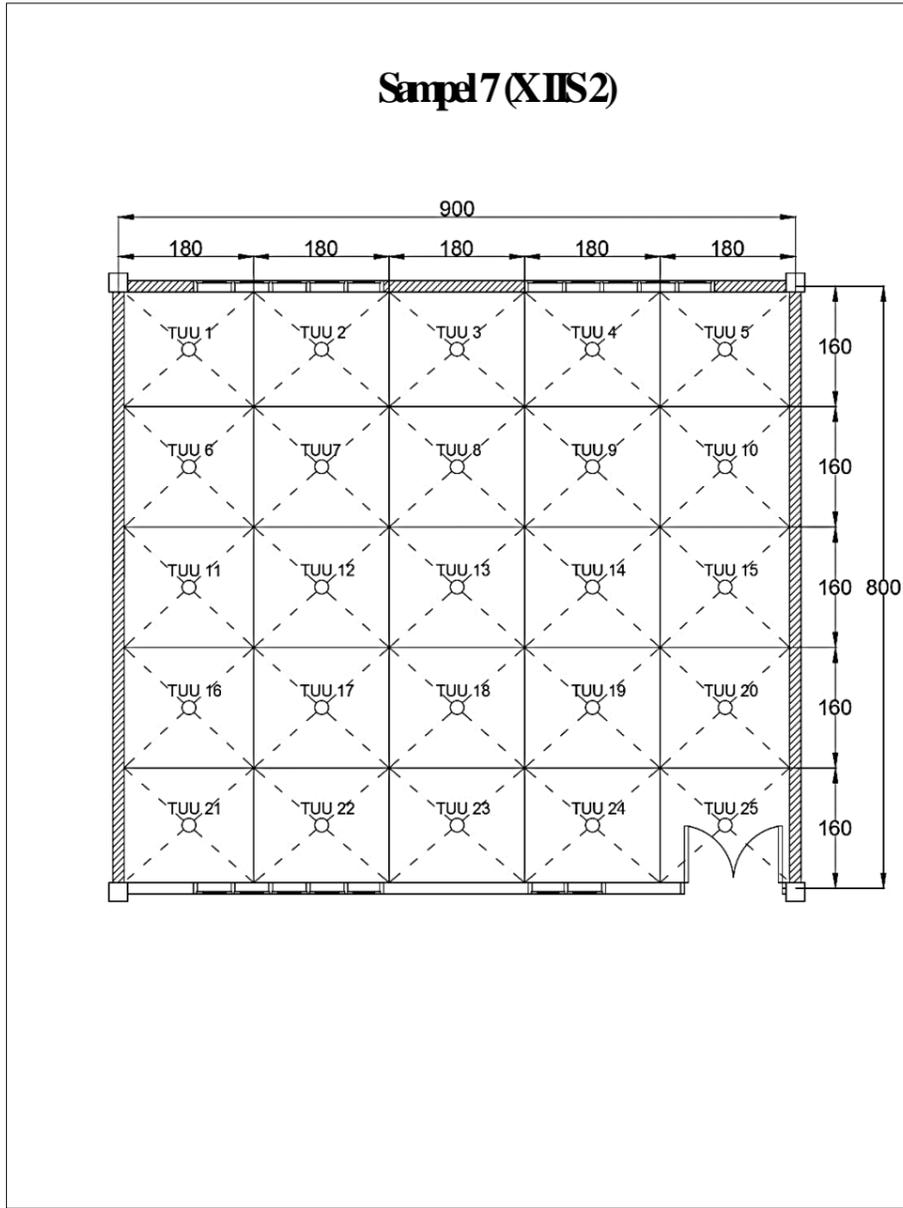
Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 5 (XMIA5)		25 titik		
	1	139	335	Langitmendung
	2	261	290	Langitmendung
	3	102	161	Langitmendung
	4	285	289	Langitmendung
	5	108	152	Langitmendung
	6	104	104	Langitmendung
	7	139	138	Langitmendung
	8	97	122	Langitmendung
	9	132	131	Langitmendung
	10	96	95	Langitmendung
	11	99	98	Langitmendung
	12	87	117	Langitmendung
	13	79	122	Langitmendung
	14	97	108	Langitmendung
	15	83	78	Langitmendung
	16	98	199	Langitmendung
	17	101	194	Langitmendung
	18	115	243	Langitmendung
	19	158	186	Langitmendung
	20	107	215	Langitmendung
	21	146	214	Langitmendung
	22	216	254	Langitmendung
	23	257	302	Langitmendung
	24	198	213	Langitmendung
	25	306	393	Langitmendung
	Total rata-rata	145,44	190,12	
Emin	79	78		
Emax	306	393		

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 6 (XMI A 7)		25 titik		
	1	120	290	Langit mending
	2	145	545	Langit mending
	3	121	122	Langit mending
	4	165	226	Langit mending
	5	191	288	Langit mending
	6	106	96	Langit mending
	7	131	130	Langit mending
	8	108	107	Langit mending
	9	123	122	Langit mending
	10	96	95	Langit mending
	11	95	93	Langit mending
	12	77	93	Langit mending
	13	94	117	Langit mending
	14	97	105	Langit mending
	15	114	76	Langit mending
	16	108	128	Langit mending
	17	110	194	Langit mending
	18	138	178	Langit mending
	19	136	226	Langit mending
	20	180	210	Langit mending
	21	153	251	Langit mending
	22	203	113	Langit mending
	23	197	206	Langit mending
	24	186	198	Langit mending
	25	213	275	Langit mending
Total rata-rata	126,68	179,36		
Emin	77	76		
Emax	213	545		

Tabel 4.4 (Lanjutan)

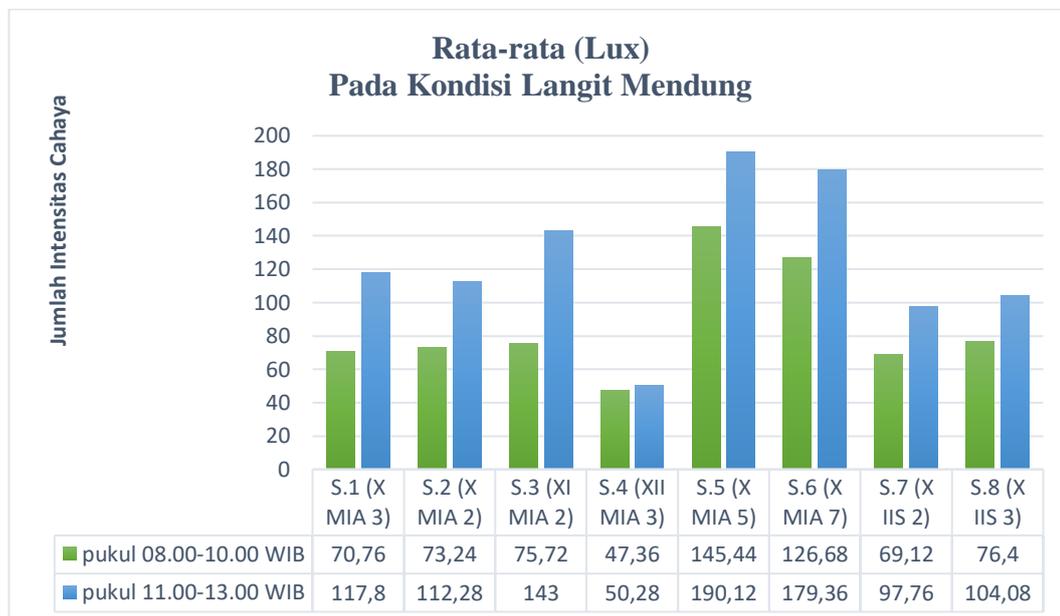


25 titik			
1	41	97	Langit mending
2	44	80	Langit mending
3	41	54	Langit mending
4	38	71	Langit mending
5	31	54	Langit mending
6	46	59	Langit mending
7	50	65	Langit mending
8	47	60	Langit mending
9	39	50	Langit mending
10	33	43	Langit mending
11	68	36	Langit mending
12	77	61	Langit mending
13	65	82	Langit mending
14	54	61	Langit mending
15	40	49	Langit mending
16	89	86	Langit mending
17	25	96	Langit mending
18	109	68	Langit mending
19	99	140	Langit mending
20	46	132	Langit mending
21	118	153	Langit mending
22	151	179	Langit mending
23	66	230	Langit mending
24	140	170	Langit mending
25	174	268	Langit mending
Total rata-rata	69,12	97,76	
Emin	25	36	
Emax	174	268	

Tabel 4.4 (Lanjutan)

Sampel 8 (XIS3)		25 titik			
		1	56	76	Langitmendung
		2	58	92	Langitmendung
		3	57	67	Langitmendung
		4	50	72	Langitmendung
		5	35	57	Langitmendung
		6	66	83	Langitmendung
		7	68	83	Langitmendung
		8	58	71	Langitmendung
		9	49	60	Langitmendung
		10	38	45	Langitmendung
		11	83	52	Langitmendung
		12	47	76	Langitmendung
		13	75	90	Langitmendung
		14	61	106	Langitmendung
		15	43	121	Langitmendung
		16	85	58	Langitmendung
		17	25	35	Langitmendung
		18	64	97	Langitmendung
		19	99	140	Langitmendung
		20	98	150	Langitmendung
		21	140	167	Langitmendung
		22	150	231	Langitmendung
		23	111	123	Langitmendung
		24	117	182	Langitmendung
		25	177	268	Langitmendung
Total rata-rata		76,4	104,08		
Emin		25	35		
Emax		177	268		

Dari nilai rata-rata pencahayaan alami yang telah disebutkan di atas, dapat dilakukan perbandingan antara tingkat pencahayaan pada setiap sampel ruang kelas. Intensitas pencahayaan alami untuk masing-masing sampel pada interval waktu 08:00-10:00 WIB dan 11:00-13:00 WIB saat cuaca mendung dijelaskan dalam grafik yang terlampir di bawah ini.



Gambar 4. 6 Grafik nilai rata-rata pencahayaan alami pada kondisi langit mendung (Analisa Penulis)

Nilai rata-rata pada grafik di atas menunjukkan tingkat intensitas cahaya pada masing-masing sampel yang diteliti pada pukul 08.00 WIB. Intensitas cahaya alami tertinggi diperoleh pada sampel 5 (R.K X MIA 5) dengan nilai 145,44 lux, sedangkan intensitas cahaya alami terendah diperoleh pada sampel 4 (R.K XII MIA 3) dengan nilai 47,36 lux. Pada pukul 12:00 WIB intensitas cahaya alami tertinggi diperoleh pada sampel 5 (R.K X MIA 5) dengan nilai 190,12 lux, sedangkan intensitas cahaya alami terendah diperoleh pada sampel 4 (R.K XII MIA 3) dengan nilai 50,28 lux.

Dari hasil analisis keseluruhan di atas, dapat ditarik kesimpulan mengenai sampel ruang kelas yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 5 Hasil keseluruhan tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas pada saat kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Intensitas Pencahayaan Alami							
	Pukul 08:00-10:00 WIB	Keterangan	Emin (lux)	Emax (lux)	Pukul 11:00-13:00 WIB	Keterangan	Emin (lux)	Emax (lux)
S.1 (XMIA3)	362,88 lux	MS	161	595	386,4 lux	MS	92	809
S.2 (XMIA2)	308,72 lux	TMS	108	620	330,08 lux	TMS	77	708
S.3 (XIMIA2)	575,32 lux	MS	331	996	373,6 lux	MS	156	875
S.4 (XIIMIA3)	31,48 lux	TMS	4	158	75,28 lux	TMS	7	375
S.5 (XMIA5)	566,12 lux	MS	232	985	515,16 lux	MS	277	852
S.6 (XMIA7)	272,52 lux	TMS	115	492	547,44 lux	MS	280	769
S.7 (XIIS2)	74,24 lux	TMS	25	291	155,64 lux	TMS	48	576
S.8 (XIIS3)	78,12 lux	TMS	23	289	116,56 lux	TMS	45	298

Keterangan: MS (Memenuhi Standar) TMS (Tidak Memenuhi Standar)

Dari data yang tertera dalam tabel di atas, dapat dilihat tingkat intensitas pencahayaan yang sesuai dengan standar dan yang tidak memenuhi standar. Secara keseluruhan, dari sampel yang diambil selama kondisi langit cerah pada pukul 08:00-10:00 WIB terdapat 5 ruang kelas yang tidak memenuhi sampel yaitu ruang kelas XMIA2, ruang kelas XIIMIA3, ruang kelas XMIA7, ruang kelas XIIS2 dan ruang kelas XIIS3, sedangkan pada pukul 11:00-13:00 WIB terdapat 4 ruang kelas yang tidak memenuhi standar, yaitu ruang kelas XMIA2, ruang kelas XIIMIA3, ruang kelas XIIS2, dan ruang kelas XIIS3.

Berikut adalah kesimpulan dari keseluruhan sampel yang diteliti pada kondisi langit mendung dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Hasil keseluruhan tingkat pencahayaan alami pada ruang kelas pada saat kondisi langit mendung (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Intensitas Pencahayaan Alami							
	Pukul 08:00-10:00WIB	Keterangan	Emin (lux)	Emax (lux)	Pukul 11:00-13:00WIB	Keterangan	Emin (lux)	Emax (lux)
S.1 (XMIA3)	70,76 lux	TMS	15	231	117,8 lux	TMS	31	271
S.2 (XMIA2)	73,24 lux	TMS	5	299	112,28 lux	TMS	13	430
S.3 (XIMIA2)	75,72 lux	TMS	44	139	143 lux	TMS	87	275
S.4 (XIIMIA3)	47,36 lux	TMS	4	239	50,28 lux	TMS	8	236
S.5 (XMIA5)	145,44 lux	TMS	79	306	190,12 lux	TMS	78	393
S.6 (XMIA7)	126,68 lux	TMS	77	213	179,36 lux	TMS	76	545
S.7 (XIIS2)	69,12 lux	TMS	25	174	97,76 lux	TMS	36	268
S.8 (XIIS3)	76,4 lux	TMS	25	177	104,08 lux	TMS	35	268

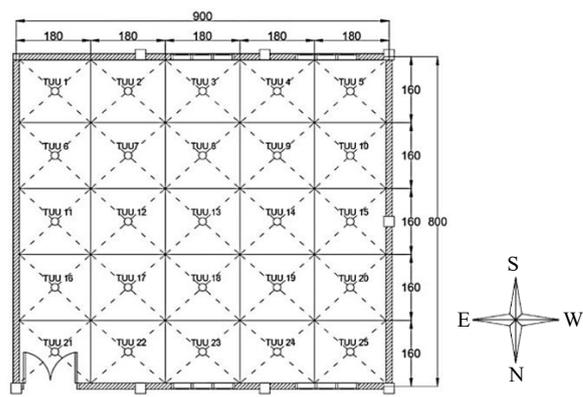
Keterangan: MS (Memenuhi Standar) TMS (Tidak Memenuhi Standar)

Sementara itu, hasil yang terdapat dalam tabel di atas menggambarkan tingkat intensitas pencahayaan yang tidak memenuhi standar. Secara umum, berdasarkan sampel yang diambil selama cuaca mendung pada pukul 08:00-10:00WIB dan 11:00-13:00WIB, seluruh ruang kelas sampel tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan.

4.3 Analisis Intensitas Pencahayaan Alami Berdasarkan Dimensi Bukaannya dan Orientasi Bukaannya

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan data yang didapat dengan teori atau standar yang sesuai dan berkaitan. Hasil dari analisis berupa kesimpulan per poin yang dianalisis yaitu dimensi bukaan ruang dan orientasi bukaan ruang yang dapat dilihat dibawah ini.

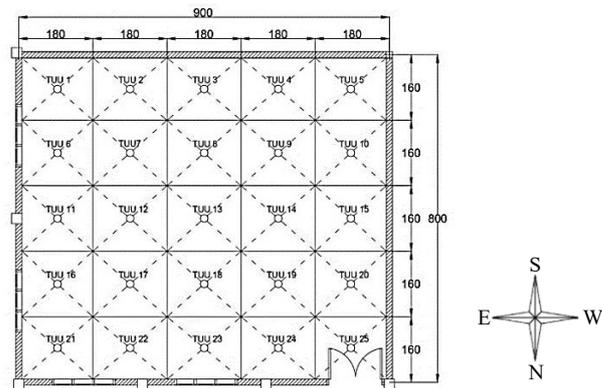
1. Sampel 1 (R.K X MIA 3)



Gambar 4. 7 Sampel 1 (R.K X MIA 3) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X MIA 3 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1 m dari lantai dasar dengan lebar 1,5 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.00-8.25 WIB pada pagi hari memiliki intensitas sebesar 362,88 lux. Siang hari dimulai pada pukul 11.00-11.25 WIB memiliki intensitas sebesar 386,4 lux.

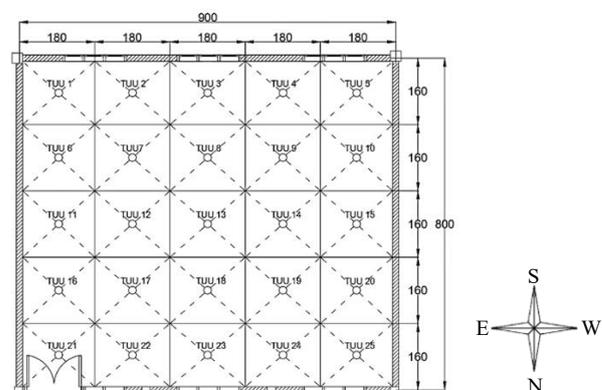
2. Sampel 2 (R.K X MIA 2)



Gambar 4. 8 Sampel 2 (R.K X MIA 2) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X MIA 2 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1 m dari lantai dasar dengan lebar 1,5 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.26-8.50 WIB pada pagi hari memiliki intensitas sebesar 308,72 lux dan pada siang hari dimulai pada pukul 11.26-11.50 WIB memiliki intensitas sebesar 330,08 lux.

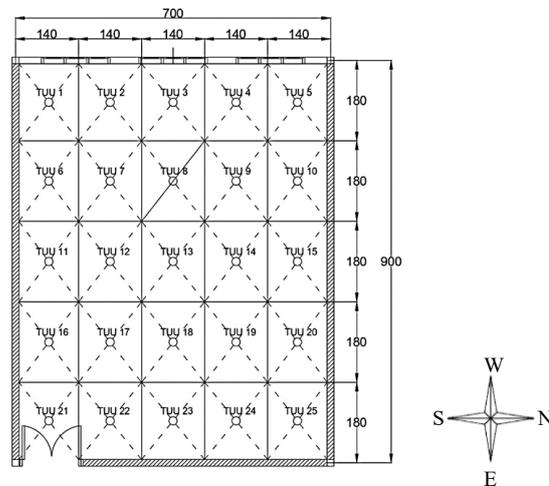
3. Sampel 3 (R.K XI MIA 2)



Gambar 4. 9 Sampel 3 (R.K XI MIA 2) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas XI MIA 2 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Timur dan Barat. Orientasi bukaan ruang mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak karena menghadap Timur dan Barat, namun pada bagian Timur tidak terlalu mencukupi intensitas yang masuk kedalam ruangan karena ada ruangan lain pada bagian Timur. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar 1 m dan tinggi 50 cm. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.51-9.15 WIB pada pagi hari memiliki intensitas sebesar 575,32 lux. Siang hari dimulai pada pukul 11.51-12.15 WIB memiliki nilai intensitas cahaya sebesar 373,6 lux.

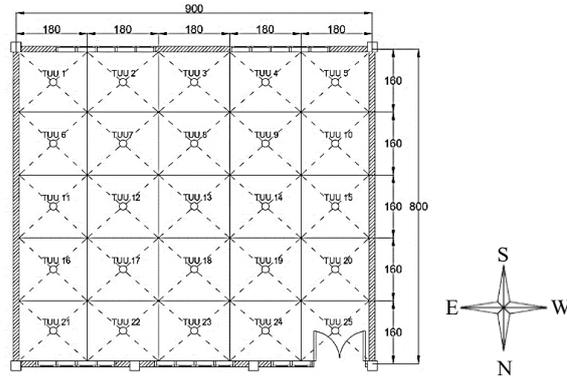
4. Sampel 4 (R.K XII MIA 3)



Gambar 4. 10 Sampel 4 (R.K XII MIA 3) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas XII MIA 3 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Barat. Ruang kelas ini hanya memiliki bukaan pada satu sisi saja. Orientasi bukaan ruang tidak mendapat persentasi cahaya yang cukup. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 80 cm dari lantai dasar dengan lebar 1,2 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 9.15-9.40 WIB pada pagi hari memiliki intensitas sebesar 31,48 lux dan pada siang hari dimulai pada pukul 12.15-12.40 WIB memiliki intensitas sebesar 75,28 lux.

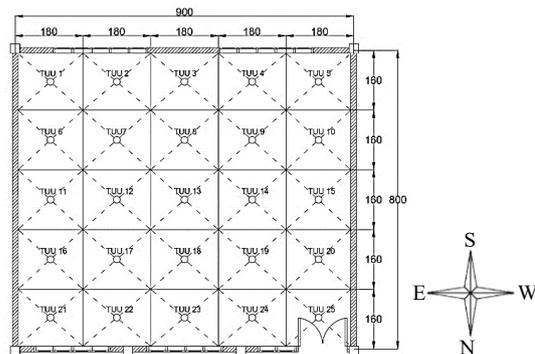
5. Sampel 5 (R.K X MIA 5)



Gambar 4. 11 Sampel 5 (R.K X MIA 5) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X MIA 5 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar bervariasi mulai 1 m-2,5 m dengan tinggi 50 cm pada bagian depan Selatan sedangkan pada bagian Utara memiliki dimensi bukaan 80 cm dari lantai dasar, lebar rata-rata 2 m dengan tinggi 1 m 1,2 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 9.41-10.05 WIB pada pagi hari memiliki intensitas cahaya sebesar 566,12 lux dan pada siang hari dimulai pada pukul 12.41-13.05 WIB memiliki nilai intensitas cahaya sebesar 515,16 lux.

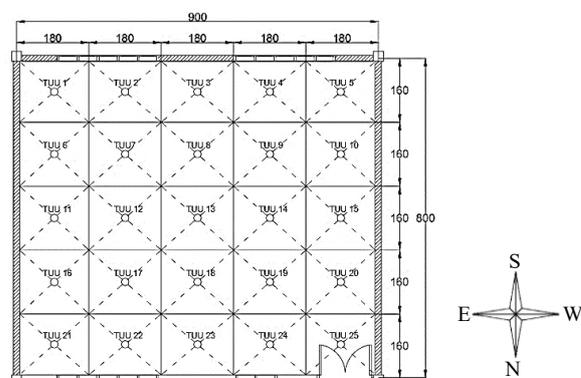
6. Sampel 6 (R.K X MIA 7)



Gambar 4. 12 Sampel 6 (R.K X MIA 7) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X MIA 7 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar bervariasi mulai 1 m-2,5 m dengan tinggi 50 cm pada bagian depan Selatan sedangkan pada bagian Utara memiliki dimensi bukaan 80 cm dari lantai dasar, lebar rata-rata 2 m dengan tinggi 1 m 1,2 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.00-8.25 WIB pada pagi hari memiliki intensitas sebesar 272,52 lux. Siang hari dimulai pada pukul 11.00-11.25 WIB memiliki nilai intensitas cahaya sebesar 547,44 lux.

7. Sampel 7 (R.K X IIS 2)

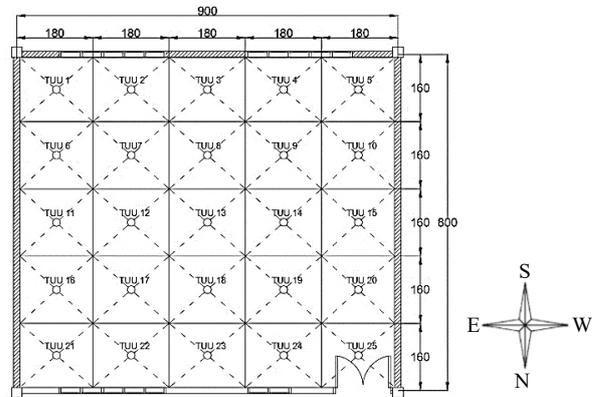


Gambar 4. 13 Sampel 7 (R.K X IIS 2) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X IIS 2 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar bervariasi mulai 1 m-2,5 m dengan tinggi 50 cm pada bagian depan Selatan sedangkan pada bagian Utara memiliki dimensi bukaan 80 cm dari lantai dasar, lebar rata-rata 2 m dengan tinggi 1 m 1,2 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.26-8.50 WIB

pada pagi hari memiliki nilai intensitas cahaya sebesar 74,24 lux dan pada siang hari dimulai pada pukul 11.26-11.50 WIB memiliki nilai intensitas sebesar 155,64 lux.

8. Sampel 8 (R.K X IIS 3)

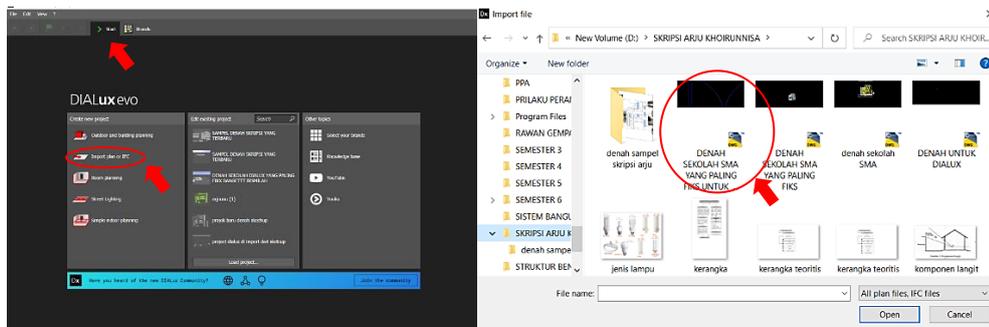


Gambar 4. 14 Sampel 8 (R.K X IIS 3) (Analisa Penulis, 2023)

Ruang kelas X IIS 3 memiliki orientasi bukaan yang menghadap Utara dan Selatan. Orientasi bukaan ruang terbilang baik, walaupun untuk mendapat persentasi cahaya yang masuk bukaan lebih banyak adalah menghadap Timur dan Barat, ruang kelas ini memiliki orientasi terbaik di Indonesia untuk menghindari silau dan penerimaan radiasi panas matahari, yaitu utara-selatan. Ruang kelas ini memiliki dimensi bukaan 1,3 m dari lantai dasar dengan lebar bervariasi mulai 1 m-2,5 m dengan tinggi 50 cm pada bagian depan Selatan sedangkan pada bagian Utara memiliki dimensi bukaan 80 cm dari lantai dasar, lebar rata-rata 2 m dengan tinggi 1 m 1,2 m dan tinggi 1 m. Interval waktu saat pengukuran dimulai dari jam 8.51-9.15WIB pada pagi hari memiliki nilai intensitas sebesar 78,12 lux dan pada siang hari dimulai pada pukul 11.51-12.15 WIB memiliki nilai intensitas sebesar 116,56 lux.

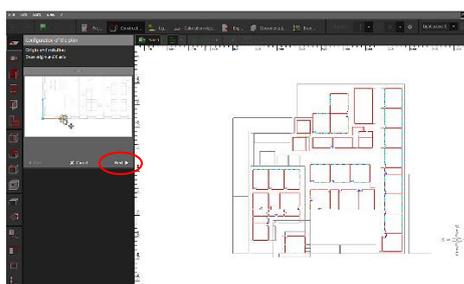
4.4 Simulasi Pencahayaan Alami dengan Dialux Evo

Pada objek penelitian sekolah SMA N-1 Tanjung Pura memiliki orientasi bangunan cenderung menghadap arah Timur dan Barat. Seharusnya orientasi yang menghadap arah Timur dan Barat memperoleh cahaya matahari secara langsung dibandingkan orientasi dengan arah Utara dan Selatan. Namun pada objek penelitian ini tidak sepenuhnya mendapatkan cahaya matahari langsung dikarenakan penataan ruang kelas nya tidak kondusif dengan alasan lahan terbatas. Ada beberapa ruang kelas yang memang sangat sulit untuk mendapatkan pencahayaan alami yang baik seperti ruang kelas XII MIA 3, X IIS 2 dan X IIS 3. Ketiga ruang kelas tersebut sulit mendapatkan pencahayaan alami dikarenakan terdapat bangunan gedung di sekitar ruang kelas yang menyebabkan terhambatnya masuknya cahaya menuju suatu ruang. Oleh sebab itu, peneliti mencoba melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak. *Software* yang digunakan adalah *Dialux Evo* yang dapat dilihat pada gambar di bawah.



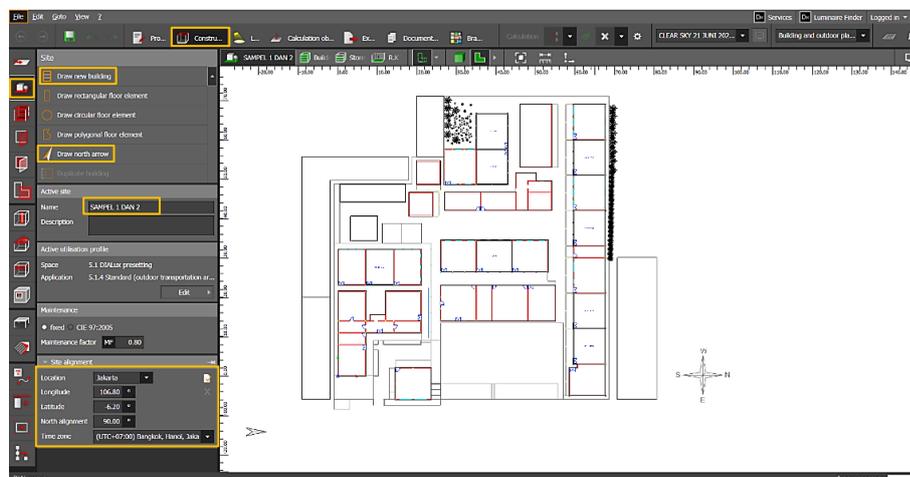
Gambar 4. 15 Tampilan awal Dialux Evo (Dokumentasi Penulis, 2023)

Pada tampilan awal *Dialux Evo* klik “*star*” untuk kembali ke halaman utama sebelumnya. Kemudian klik “*Import plan of IFC*” untuk membuat project dari file CAD, lalu pilih file CAD dari folder tempat file CAD disimpan.



Gambar 4. 16 Import geometri 2D (CAD) (Dokumentasi Penulis, 2023)

Gambar di atas menjelaskan menentukan skala unit yang akan digunakan, sesuaikan dengan skala pada file CAD yang sudah diimport lalu klik “*Check length*” untuk memastikan kesesuaian skala, jika sudah sesuai klik “*Finish*”.



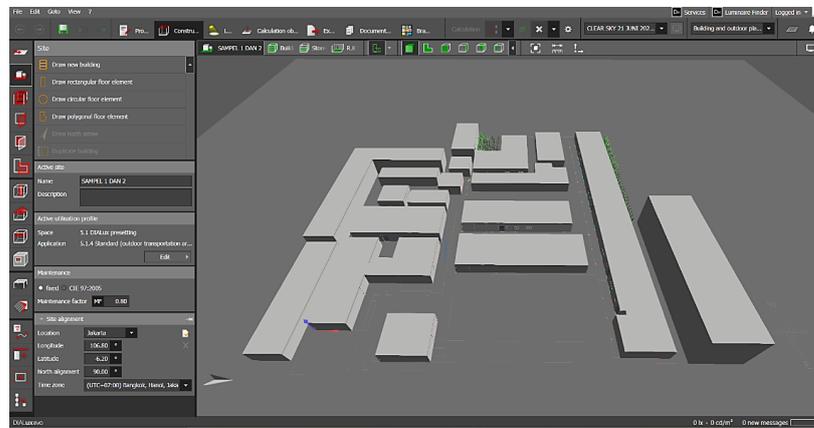
Gambar 4. 17 Pemodelan 3D (Dokumentasi Penulis, 2023)

Gambar di atas menunjukkan tata cara pemodelan 3D dalam aplikasi Dialux Evo. Pertama-tama klik “*Draw new building*” untuk membuat bangunan baru. Buat dan bentuk bangunan mengikuti gambar denah yang menjadi acuan. Lalu klik “*Draw north arrow*” untuk membuat arah mata angin ke Utara sesuaikan dengan orientasi pada gambar CAD. Kemudian klik “*Active site*” untuk memberi nama dan keterangan pada proyek yang dikerjakan. Terakhir klik “*Location*” untuk mengukur lokasi dari proyek yang akan di bangun. Karena pada “*Location*” tidak tercantum semua lokasi maka untuk negara Indonesia di pilih kota Jakarta.

Penelitian ini melakukan simulasi dengan menggunakan data pemodelan objek penelitian berdasarkan kondisi sebenarnya, seperti warna ruangan, tinggi dinding, ukuran bukaan berdasarkan hasil pengukuran langsung, dan data pengukuran berdasarkan jarak dengan bangunan sekitar. Hasil pemodelan objek pada *Dialux Evo 11.1* ditampilkan pada gambar di bawah ini. Atap bangunan tidak diperhitungkan dalam model ini karena tidak memiliki dampak signifikan terhadap jumlah cahaya alami yang dapat meresap ke dalam ruangan. Namun, bangunan

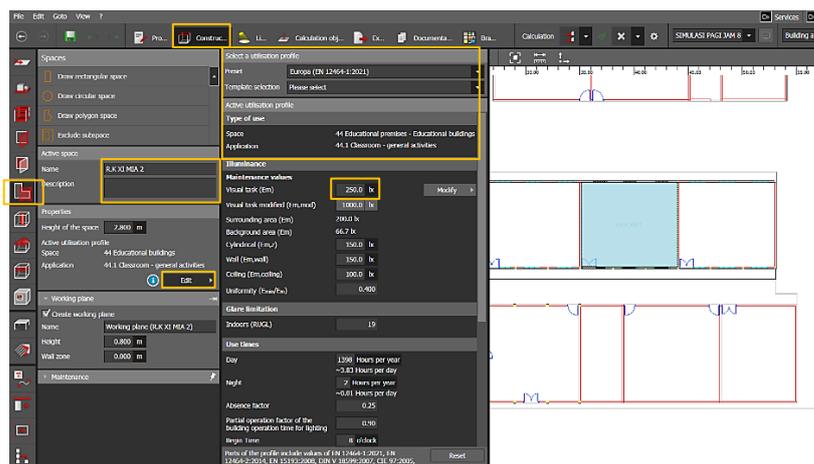
disekitarnya dimodelkan dengan akurat karena mereka memiliki pengaruh terhadap sejauh mana cahaya alami dapat memasuki ruangan.

Berikut adalah hasil dari pemodelan objek penelitian yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 18 Hasil pemodelan 3D Dialux Evo (Dokumentasi Penulis, 2023)

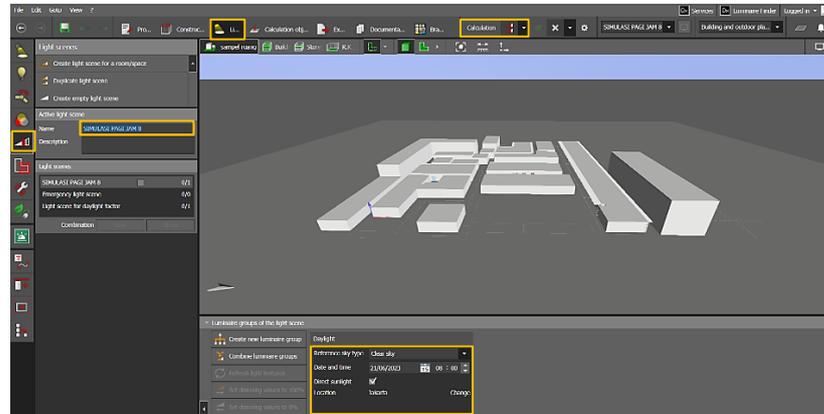
Pemodelan 3D di atas yaitu kondisi *eksisting* sekolah dimana bangunan sekitar dan vegetasi dimasukkan kedalam model sehingga pemodelan dilakukan dalam kondisi yang sebenarnya.



Gambar 4. 19 Mengatur fungsi dan intensitas cahaya ruangan (Dokumentasi Penulis, 2023)

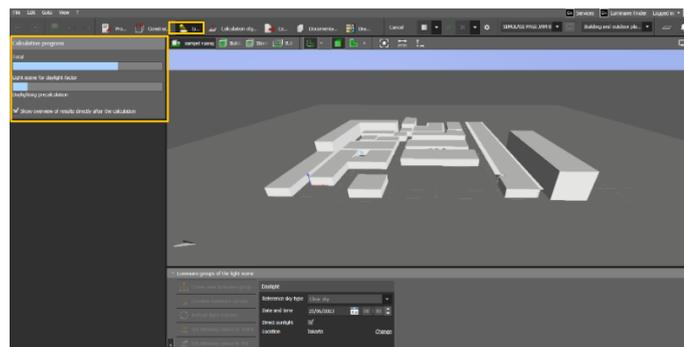
Untuk mengatur fungsi intensitas cahaya pada ruangan pertama klik “*Active space*” dan pilih ruang mana yg ingin diatur terlebih dahulu, dalam pengaturan ini semua sampel diatur satu-satu. Kemudian klik “*Edit*” lalu akan muncul “*Select a utilization profile*” lalu pilih yang *Europe* kemudian klik lagi yang dibawahnya

“*Active utilization profile*” untuk menentukan jenis ruang yang akan digunakan, berhubung dalam penelitian ini mengenai ruang kelas pada sekolah maka di pilih “*classroom-general activites*” dan terakhir pengaturan mengenai intensitas cahaya (lux) klik “*Illuminance*” dan atur intensitas cahaya sesuai standar yang berlaku untuk ruang kelas berdasarkan SNI 03-6197-2011 yaitu 350 lux.



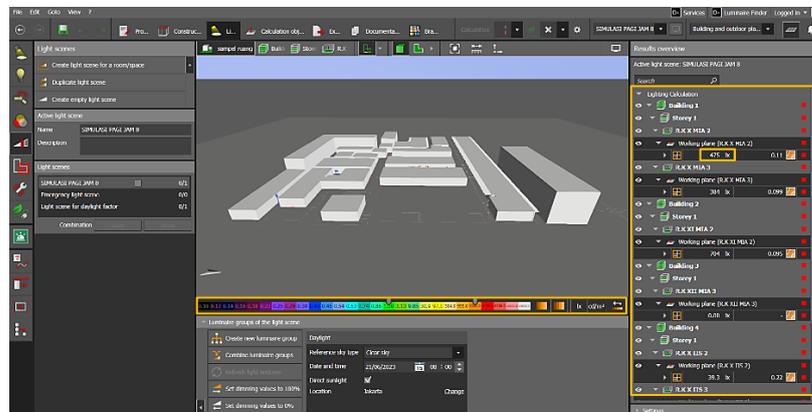
Gambar 4. 20 Tahap simulasi intensitas pencahayaan alami pada Dialux Evo (Dokumentasi Penulis, 2023)

Selanjutnya mengenai tahap simulasi, klik “*Lighting*” untuk mengaktifkan ikon pencahayaan lalu klik “*Active light scene*” untuk memberi nama keterangan pada file yang akan disimulasikan. Lalu pada bagian bawah “*Daylight*” ada beberapa menu yang harus di atur yaitu “*Reference sky type*” untuk mengatur kondisi langit yang akan dipilih, ada tipe *clear sky* (langit cerah), *intermediate sky* (langit berawan), dan *overcast sky* (langit mendung). Lalu pada menu “*Date and time*” untuk mengatur tanggal dan jam pada saat simulasi dilakukan. Terakhir klik “*Calculation*” pada bagian atas untuk memulai simulasi.



Gambar 4. 21 Proses simulasi (Dokumentasi Penulis, 2023)

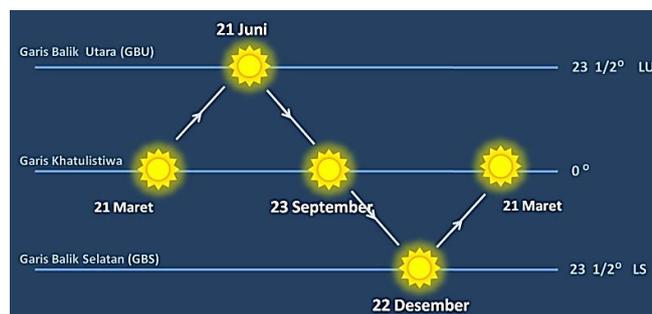
Gambar diatas menjelaskan mengenai proses simulasi yang sedang berjalan. Lamanya proses simulasi tergantung pada besarnya objek yang di bangun dan juga jika ada beberapa vegetasi yang dimasukkan kedalam pemodelan itu mempengaruhi terhadap lamanya proses simulasi.



Gambar 4. 22 Hasil simulasi Dialux Evo (Dokumentasi Penulis, 2023)

Hasil simulasi dapat dilihat pada “*Lighting calculation*”. Hasil dari seluruh sampel sudah tercantum nilai intensitas pencahayaan alaminya dalam satuan lux.

Analisis simulasi pencahayaan alami dilakukan pada tanggal 21 Juni 2023 di mana pada saat itu kondisi matahari berada pada garis balik utara menuju khatulistiwa. Penjelasan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 23 Peredaran semu matahari (<https://insanpelajar.com/gerak-semu-tahunan-matahari>, 5 Oktober 2023)

Rotasi bumi pada porosnya berubah dengan sudut $23\frac{1}{2}^{\circ}$. Perubahan sudut tersebut menyebabkan pergerakan semu matahari terlihat bergeser ke arah utara dan selatan bumi. Pergerakan semu matahari tahunan berupa pergerakan semu matahari dari garis khatulistiwa ke garis lintang utara ($23\frac{1}{2}^{\circ}$ LU) dan kembali ke garis khatulistiwa. Gerak semu matahari kemudian bergeser ke arah garis lintang selatan

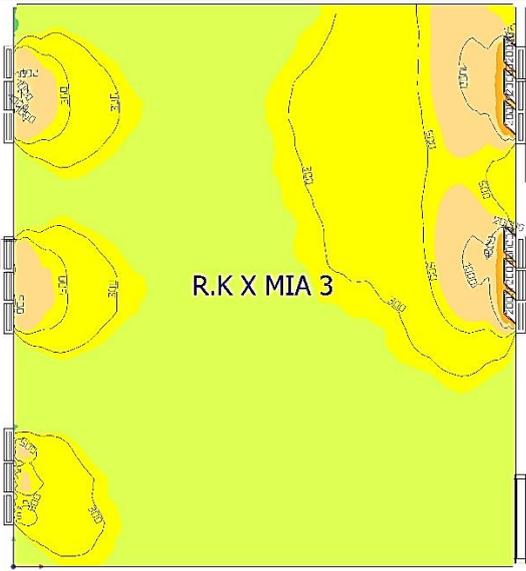
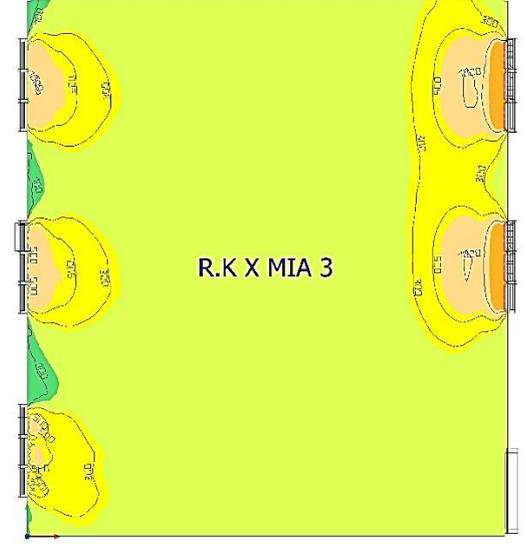
($23\frac{1}{2}^{\circ}$ LS) dan juga kembali ke garis khatulistiwa. Begitu seterusnya, kita akan melihat matahari tampak bergerak ke utara/selatan bumi.

- a. Pada tanggal 21 Maret s/d 21 Juni: Pergeseran semu matahari dari ekuator menuju ekuinoks Utara, di belahan bumi Utara terjadi musim Semi dan di belahan bumi Selatan terjadi musim gugur.
- b. Pada tanggal 21 Juni s/d 23 September: Pergeseran nyata matahari dari ekuinoks Utara menuju ekuator, musim panas terjadi di belahan bumi Utara dan musim dingin terjadi di Selatan.
- c. Pada tanggal 23 September s/d 22 Desember: Pergeseran nyata matahari dari ekuator menuju ekuinoks Selatan, di belahan bumi Utara terjadi musim Gugur dan belahan bumi Selatan terjadi musim semi.
- d. Pada tanggal 22 Desember s/d 21 Maret: Pergeseran semu matahari dari ekuinoks Selatan menuju khatulistiwa, musim dingin terjadi di belahan bumi Utara dan musim panas terjadi di belahan bumi Selatan.

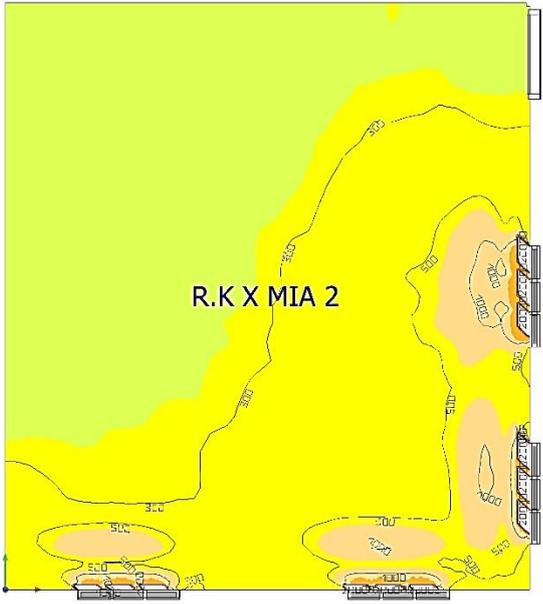
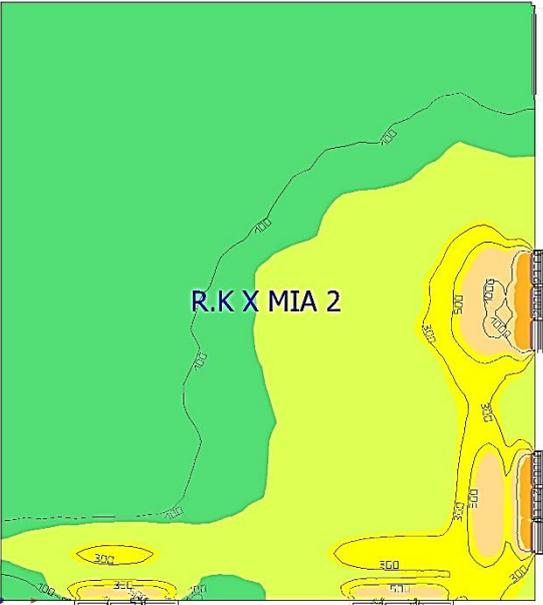
Penelitian ini dilakukan pada dua waktu yang berbeda, yaitu saat tinggi matahari pada pukul 08.00 dan tinggi matahari pada pukul 12.00. Analisis dilakukan terhadap jendela terbuka dalam kondisi langit cerah dan kondisi langit mendung. Simulasi dilakukan pada 8 ruang sampel yaitu kelas X MIA 3, X MIA 2, XI MIA 2, XII MIA 3, X MIA 5, X MIA 7, X IIS 2 dan X ISS 3. Dimana letak orientasi sampel berbeda. Hasil analisis mengenai pencahayaan alami ini akan menjadi landasan untuk mengoptimalkan integrasi pencahayaan alami di SMA N-1 Tanjung Pura di masa mendatang. Setelah melakukan observasi secara langsung di tempat penelitian, dan hasil dari observasi sudah didapatkan maka peneliti akan membandingkan hasil observasi dengan hasil simulasi pada *software* apakah akurat atau tidak. Hasil dari simulasi *Dialux Evo* pada setiap sampel ruang penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

Hasil simulasi setiap sampel pada saat kondisi langit cerah dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut:

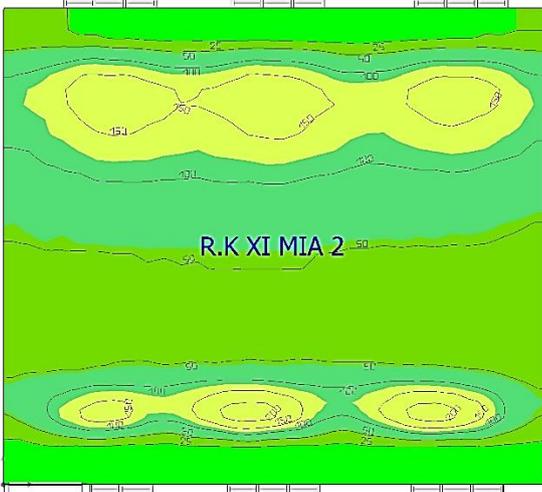
Tabel 4. 7 Hasil simulasi sampel pada saat kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

SAMPEL 1 (X MIA 3)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 3 pada pagi hari mencapai 400 lux dengan nilai intensitas minimal 28,1 lux dan maksimalnya 16.305 lux. Nilai kesilauan untuk kelas ini sebesar 0,070. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar yaitu 34%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan pada siang hari pencahayaan ruangan mencapai 1.033 lux dengan nilai intensitas minimal 76,4 lux dan maksimalnya 51.059 lux. Untuk indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,074. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar yaitu 19%.</p>

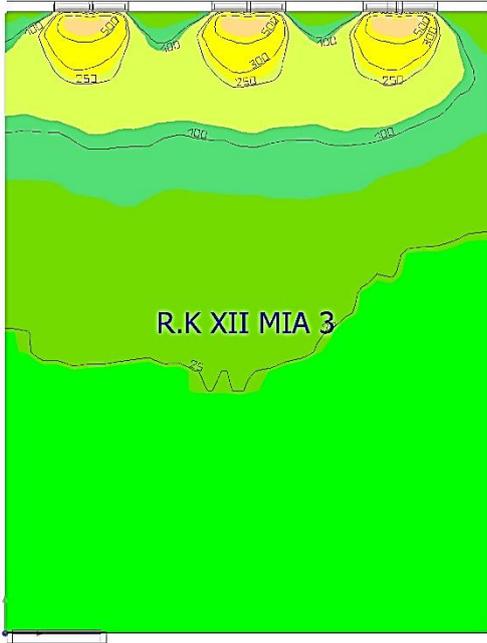
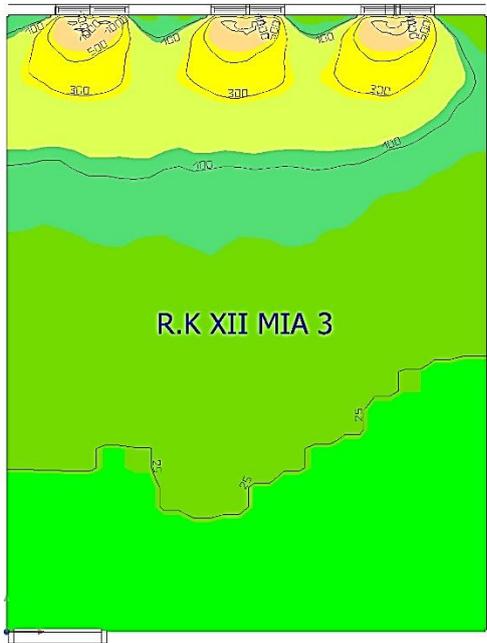
Tabel 4.7 (Lanjutan)

SAMPEL 2 (X MIA 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Intensitas pencahayaan di ruang kelas X MIA 2 pada pagi hari adalah sekitar 634 lux dengan intensitas minimal 69,1 lux dan maksimalnya 15.533 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,11. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar area sebesar 30%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Intensitas pencahayaan pada siang hari dalam ruangan mencapai 1.014 lux dengan intensitas minimal 68,5 lux dan maksimalnya 51.033 lux. Nilai indeks silau untuk kelas ini sebesar 0,068. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar yaitu 11%.</p>

Tabel 4.7 (Lanjutan)

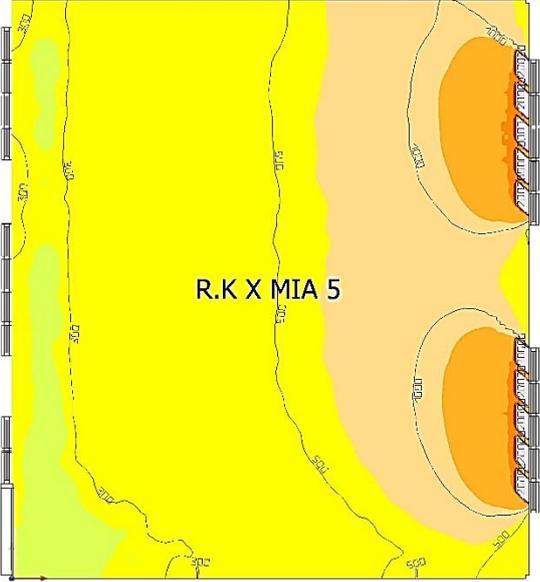
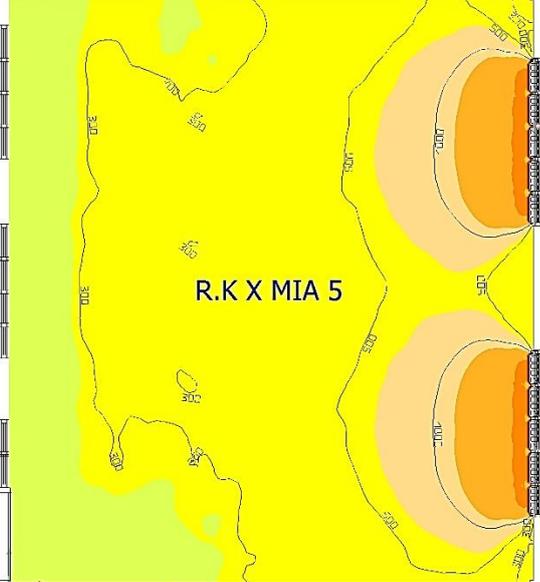
SAMPEL 3 (XI MIA 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas XI MIA 2 mencapai 704 lux pada pagi hari dengan intensitas minimal 67,6 lux dan maksimalnya 15.102 lux. Nilai kesilauan (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,096. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Pada siang hari intensitas cahaya ruang kelas XI MIA 2 mencapai 346 lux dengan nilai minimum 103 lux dan maksimum 1.505 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,30. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu 0%.</p>

Tabel 4.7 (Lanjutan)

SAMPEL 4 (XII MIA 3)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas XII MIA 3 mencapai 35,2 lux pada pagi hari dengan nilai minimal 1,84 lux dan nilai maksimalnya 681 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,052. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu hanya 0%</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Pada siang hari intensitas pencahayaan mencapai 87,8 lux dengan nilai minimum intensitas pencahayaan alami 6,34 lux dan nilai maksimal mencapai 2.188 lux. Nilai kesilauan (<i>glare</i>) sebesar 0,072. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu 0%.</p>

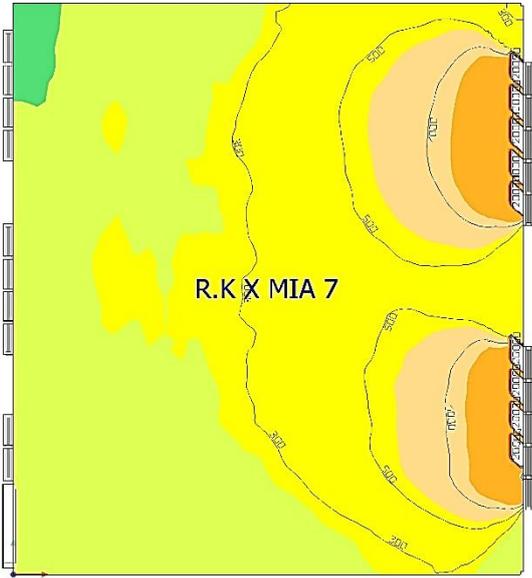
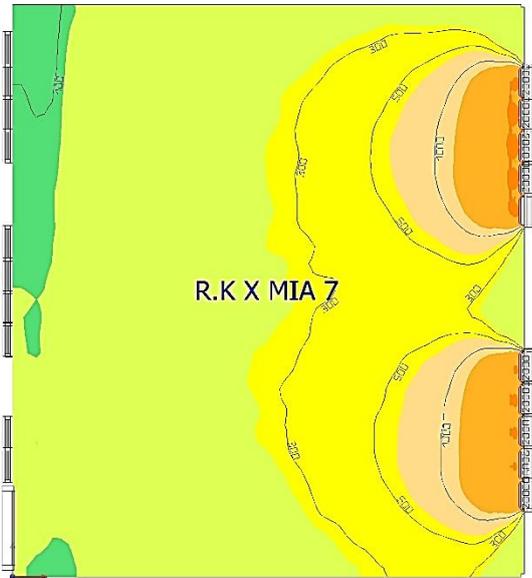
Tabel 4.7 (Lanjutan)

SAMPEL 5 (X MIA 5)

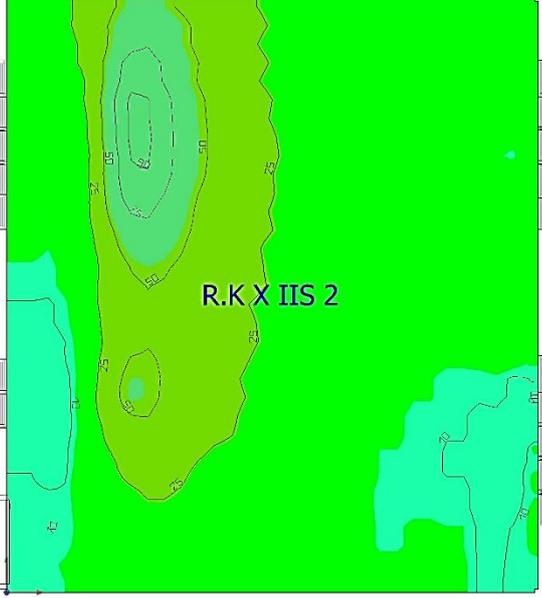
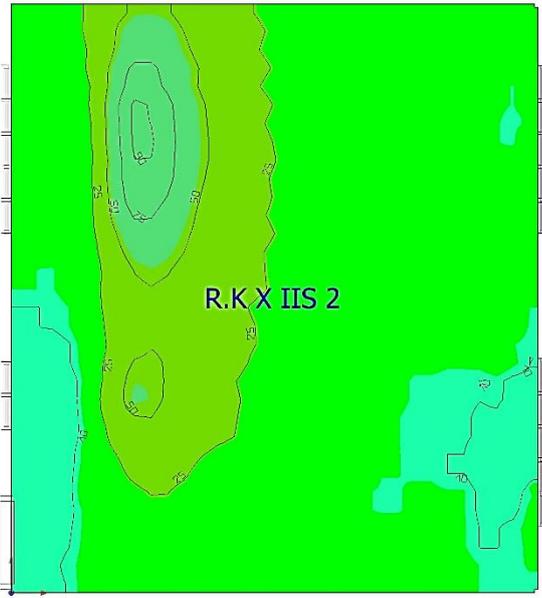
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 5 mencapai 882 lux pada pagi hari dengan minimal intensitas pencahayaan sebesar 33,5 lux dan maksimalnya sebesar 16.525 lux. Nilai kesilauan pada kelas ini sebesar 0,038. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu sebesar 86%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Intensitas pencahayaan pada siang hari mencapai 681 lux, dengan nilai minimal 35,8 lux dan maksimal 50.921 lux. Nilai indeks silau sebesar 0,053. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu sebesar 73%.</p>

Tabel 4.7 (Lanjutan)

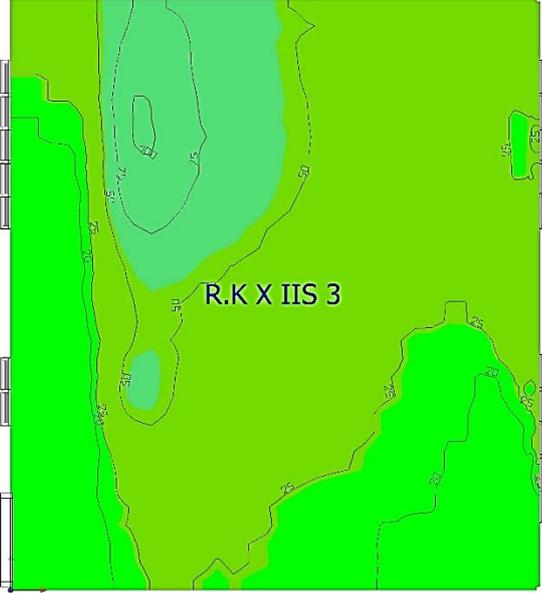
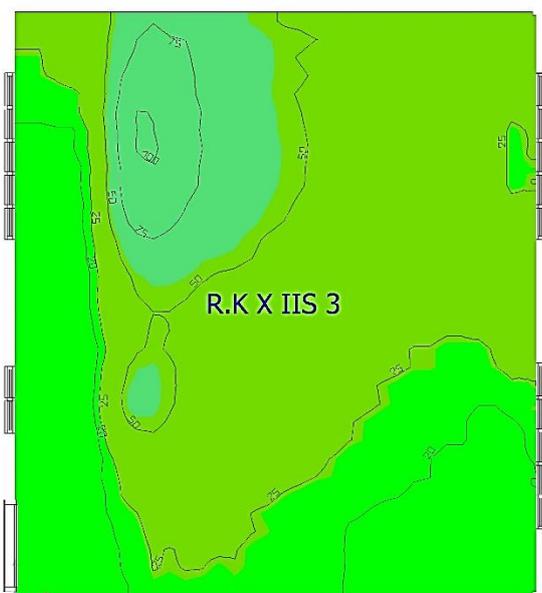
SAMPEL 6 (X MIA 7)

Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 7 mencapai 249 lux pada pagi hari dengan nilai minimum 54,9 lux dan nilai maksimum pencahayaan alaminya 1.614 lux. Untuk nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,22. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu sebesar 48%</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Pada siang hari intensitas pencahayaan mencapai 646 lux dengan nilai minimum 123 lux dan maksimum 50.739 lux. Untuk nilai indeks kesilauan pada kelas ini sebesar 0,19. Distribusi pencahayaan telah memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu sebesar 38%.</p>

Tabel 4.7 (Lanjutan)

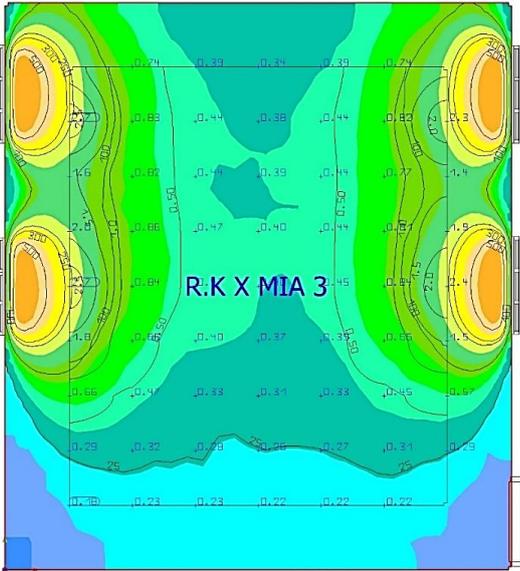
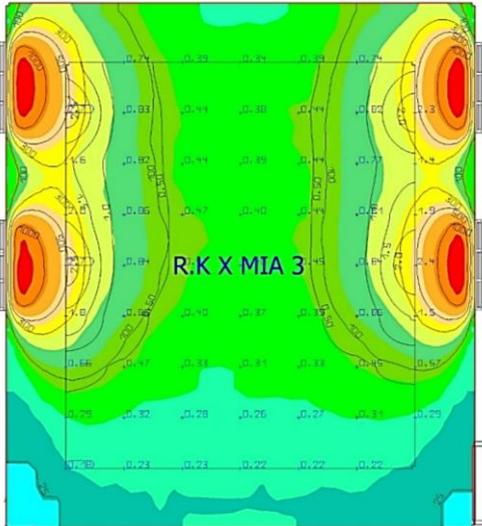
SAMPEL 7 (X IIS 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X IIS 2 mencapai 71,0 lux pada pagi hari dengan nilai minimum pencahayaan sebesar 20,3 lux dan nilai maksimum sebesar 264 lux. Nilai tingkat kesilauan pada kelas ini sebesar 0,29. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan pada siang hari mencapai 94,2 lux, dengan nilai minimum 25,2 lux dan nilai maksimum sebesar 771 lux. Nilai kesilauan yang terdapat pada kelas ini sebesar 0,27. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area yang ditetapkan yaitu hanya 0%.</p>

Tabel 4.7 (Lanjutan)

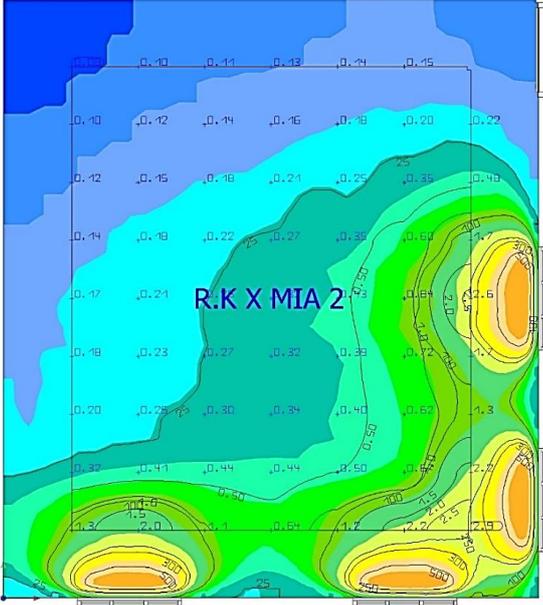
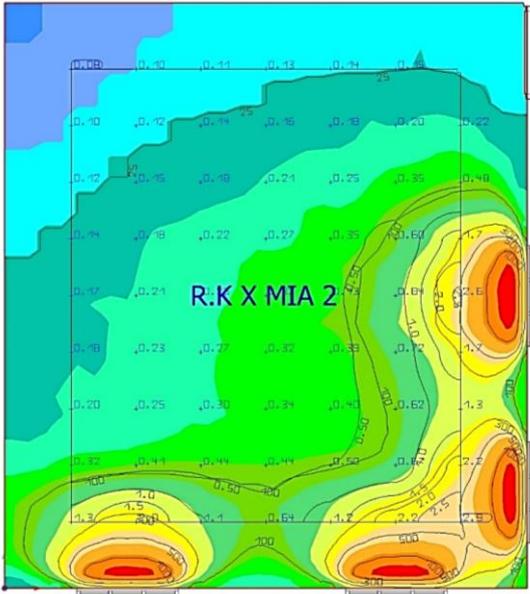
SAMPEL 8 (X IIS 3)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X IIS 3 mencapai 78,6 lux pada pagi hari dengan nilai intensitas minimum sebesar 16,9 lux dan maksimum sebesar 296 lux. Tingkat kesilauan pada kelas ini yaitu sebesar 0,22. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan pada siang hari mencapai 102 lux, dengan nilai minimum 21,6 lux dan nilai maksimum 789 lux. Nilai indeks silau (glare) pada kelas ini sebesar 0,21. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Hasil simulasi setiap sampel pada saat kondisi langit mendung dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut:

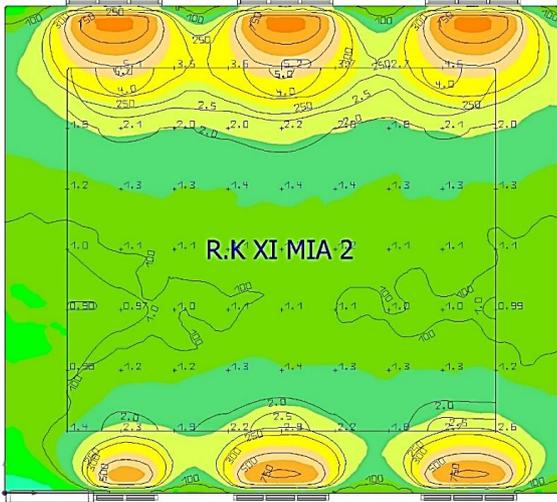
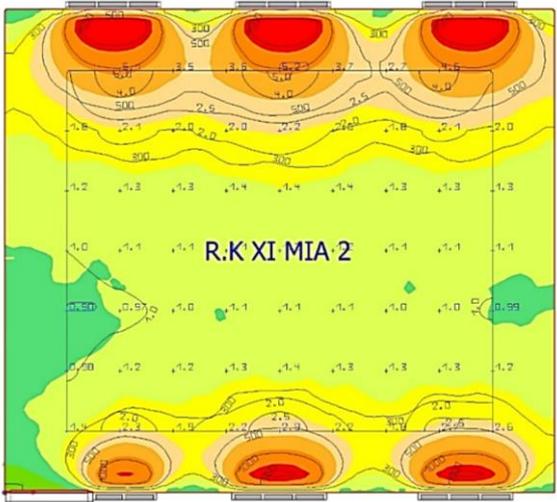
Tabel 4. 8 Hasil simulasi sampel pada saat kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

SAMPEL 1 (X MIA 3)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 3 mencapai 74,6 lux pada pagi dengan nilai minimum sebesar 9,59 lux dan nilai maksimum sebesar 649 lux. Untuk indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0.13. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan pada siang hari mencapai 148 lux dengan nilai minimum pencahayaan sebesar 19 lux dan nilai maksimum sebesar 1.284 lux. Indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0.13. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Tabel 4.8 (Lanjutan)

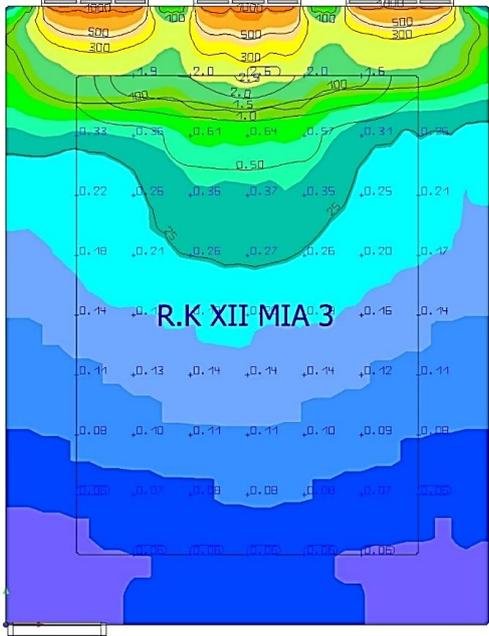
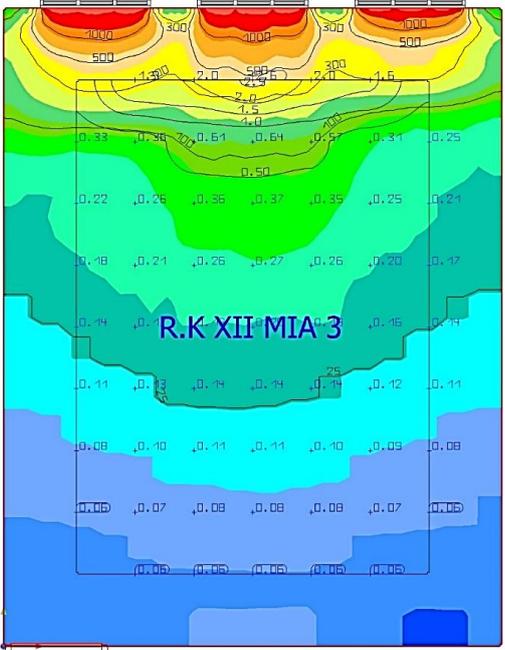
SAMPEL 2 (X MIA 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 2 mencapai 73,4 lux pada pagi hari, nilai minimum pencahayaan alami sebesar 5,29 lux dan nilai maksimum nya sebesar 808 lux. Untuk nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,072. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan pada kondisi siang sebesar 145 lux, dengan nilai minimum 10,5 lux dan maksimum sebesar 1.598 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,072. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Tabel 4.8 (Lanjutan)

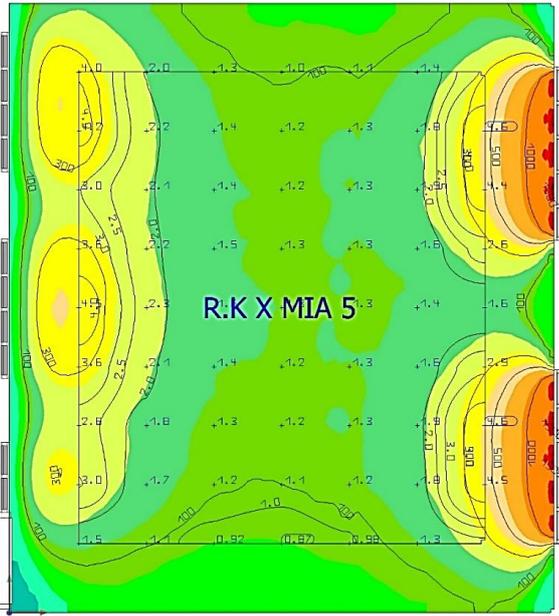
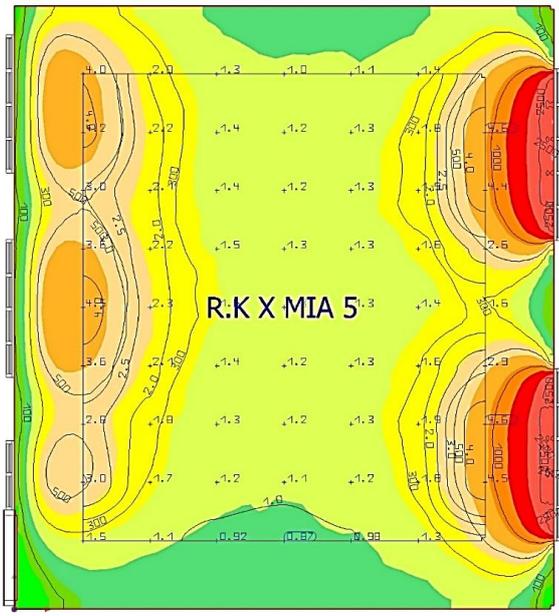
SAMPEL 3 (XI MIA 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas XI MIA 2 mencapai 57,1 lux pada pagi hari. Nilai intensitas cahaya alami minimum sebesar 5,09 lux dan maksimum sebesar 269 lux. Indeks silau (<i>glare</i>) pada ruang kelas ini sebesar 0,089. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Untuk ruang kelas ini memiliki intensitas cahaya alami sebesar 113 lux pada siang hari. Dengan nilai minimum 10,1 lux dan maksimum sebesar 533 lux. Untuk indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,089. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Tabel 4.8 (Lanjutan)

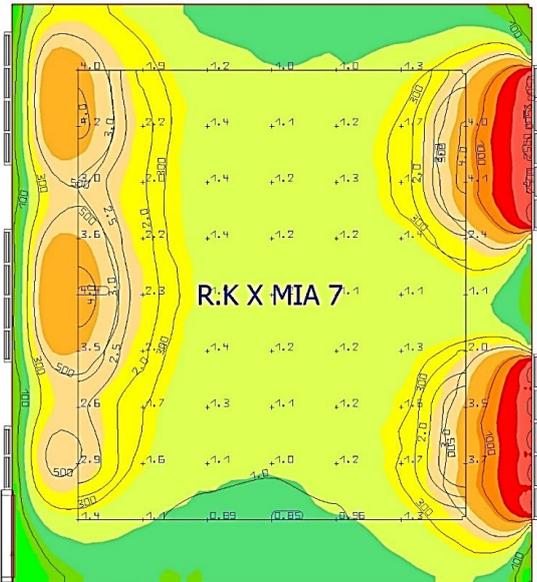
SAMPEL 4 (XII MIA 3)

Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas XII MIA 3 mencapai 55,5 lux pada pagi hari. Nilai minimum intensitas cahaya untuk ruang kelas ini sebesar 5,85 lux dan maksimum sebesar 868 lux. Untuk nilai kesilauan pada ruang kelas ini sebesar 0,11. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Untuk intensitas cahaya alami pada kelas ini mencapai 110 lux pada siang hari. Dengan nilai intensitas cahaya terendah 11,6 lux dan nilai intensitas maksimum sebesar 1.718 lux. Nilai indek silau (<i>glare</i>) sebesar 0,11. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

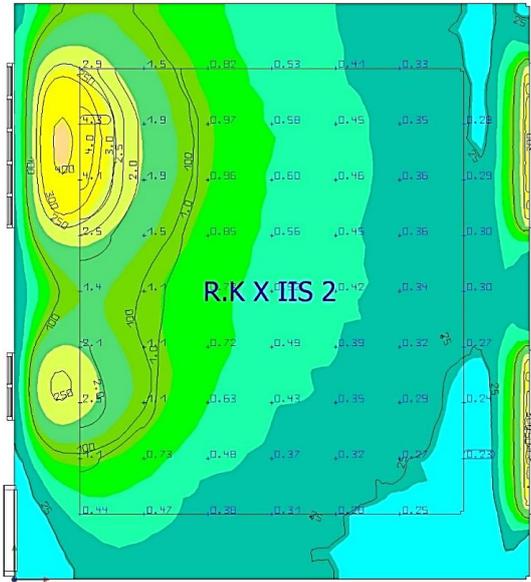
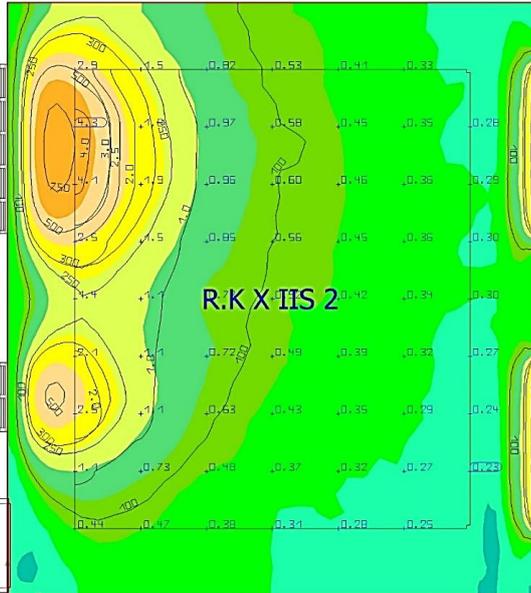
Tabel 4.8 (Lanjutan)

SAMPEL 5 (X MIA 5)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 5 mencapai 136 lux pada pagi hari, dengan nilai minimum intensitas cahaya sebesar 9,03 lux dan maksimal sebesar 1.040 lux sedangkan untuk indek kesilauan (<i>glare</i>) sebesar 0,066. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Nilai intensitas cahaya alami pada kelas X MIA 5 sebesar 269 lux pada siang hari. Nilai minimum intensitas cahaya pada kelas ini sebesar 17,9 lux dan maksimal sebesar 2.058 lux. Indeks kesilauan (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,067. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

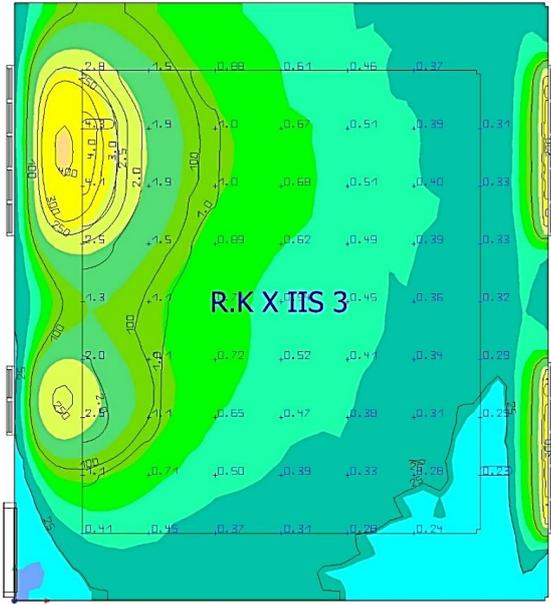
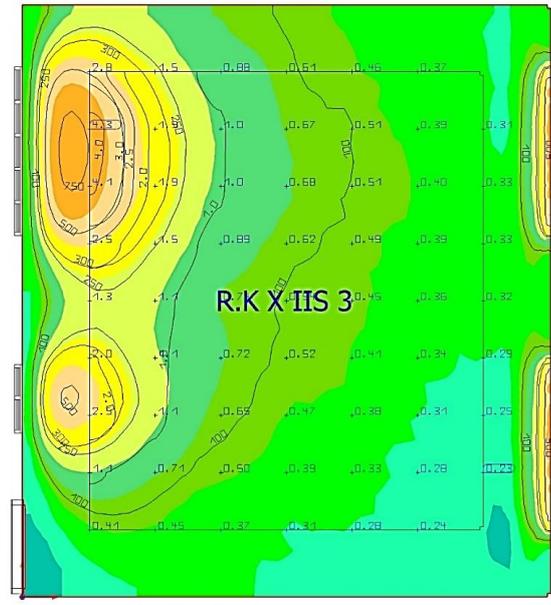
Tabel 4.8 (Lanjutan)

SAMPEL 6 (X MIA 7)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
 <p>R:K X MIA 7</p>	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X MIA 7 mencapai 123 lux pada pagi hari dengan intensitas cahaya terendah 26,4 lux dan nilai maksimum sebesar 968 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,21. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
 <p>R:K X MIA 7</p>	<p>Intensitas cahaya pada kelas ini mencapai 244 lux pada siang hari, dengan nilai minimum sebesar 52,1 lux dan nilai maksimum sebesar 1.915 lux. Untuk nilai indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,21. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Tabel 4.8 (Lanjutan)

SAMPEL 7 (X IIS 2)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X IIS 2 mencapai 71,5 lux pada pagi hari dengan intensitas cahaya alami minimum sebesar 17,5 lux dan maksimal sebesar 417 lux. Untuk nilai kesilauan pada kelas ini sebesar 0,24. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan alami pada kelas X IIS 2 sebesar 142 lux pada siang hari dengan nilai minimum pencahayaan sebesar 34,7 lux dan nilai maksimal sebesar 826 lux. Nilai indeks silau pada kelas ini sebesar 0,24. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Tabel 4.8 (Lanjutan)

SAMPEL 8 (X IIS 3)	
Simulasi pukul 08.00	Keterangan
 <p>R.K X IIS 3</p>	<p>Distribusi cahaya di ruang kelas X IIS 3 mencapai 72,2 lux pada pagi hari dengan nilai intensitas cahaya alami minimum sebesar 16,1 lux dan nilai maksimum sebesar 414 lux dan untuk nilai kesilauan pada kelas ini sebesar 0,22. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>
Simulasi pukul 12.00	Keterangan
 <p>R.K X IIS 3</p>	<p>Distribusi cahaya alami pada kelas X IIS 3 sebesar 143 lux pada siang hari dengan nilai intensitas cahaya terendah 31,9 lux dan maksimum sebesar 819 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,22. Distribusi pencahayaan tidak memenuhi standar area karena hanya 0%.</p>

Hasil simulasi keseluruhan sampel dapat dilihat pada tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4. 8 Hasil simulasi pencahayaan alami ruang kelas pada saat kondisi langit cerah (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Intensitas Pencahayaan Alami			
	Pukul 08:00 WIB	Keterangan	Pukul 12:00 WIB	Keterangan
S.1 (X MIA 3)	400 lux	MS	1.033 lux	MS
S.2 (X MIA 2)	634 lux	MS	1.014 lux	MS
S.3 (XI MIA 2)	704 lux	MS	346 lux	TMS
S.4 (XII MIA 3)	35,2 lux	TMS	87,8 lux	TMS
S.5 (X MIA 5)	882 lux	MS	681 lux	MS
S.6 (X MIA 7)	249 lux	TMS	646 lux	MS
S.7 (X IIS 2)	71,0 lux	TMS	94,2 lux	TMS
S.8 (X IIS 3)	78,6 lux	TMS	102 lux	TMS

Keterangan: MS (Memenuhi Standar) TMS (Tidak Memenuhi Standar)

Hasil simulasi dengan menggunakan *Dialux Evo* menunjukkan perbedaan antara pagi dan siang pada seluruh sampel ruang kelas. Simulasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB dan pukul 12.00 WIB. Pada pukul 08.00 WIB, terdapat 4 sampel ruang kelas yang tidak memenuhi standar, yaitu ruang kelas XII MIA 3, ruang kelas X MIA 7, ruang kelas X IIS 2, dan ruang kelas X IIS 3. Sedangkan pada pukul 12.00 WIB, terdapat 4 sampel ruang kelas yang tidak memenuhi standar, yaitu ruang kelas XI MIA 2, ruang kelas XII MIA 3, ruang kelas X IIS 2, dan ruang kelas X IIS 3.

Hasil simulasi keseluruhan sampel dapat dilihat pada tabel 4.10 di bawah ini:
Tabel 4. 9 Hasil simulasi pencahayaan alami ruang kelas pada saat kondisi langit mendung (Analisa Penulis, 2023)

Sampel	Intensitas Pencahayaan Alami			
	Pukul 08:00 WIB	Keterangan	Pukul 12:00 WIB	Keterangan
S.1 (X MIA 3)	74,6 lux	TMS	148 lux	TMS
S.2 (X MIA 2)	73,4 lux	TMS	145 lux	TMS
S.3 (XI MIA 2)	57,1 lux	TMS	113 lux	TMS
S.4 (XII MIA 3)	55,5 lux	TMS	110 lux	TMS
S.5 (X MIA 5)	136 lux	TMS	269 lux	TMS
S.6 (X MIA 7)	123 lux	TMS	244 lux	TMS
S.7 (X IIS 2)	71,5 lux	TMS	142 lux	TMS
S.8 (X IIS 3)	72,2 lux	TMS	143 lux	TMS

Keterangan: MS (Memenuhi Standar) TMS (Tidak Memenuhi Standar)

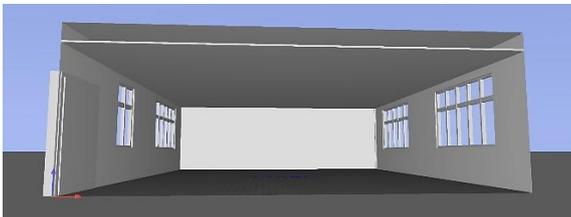
Dilihat dari hasil simulasi *Dialux Evo* pada keseluruhan sampel ruang kelas yang dilakukan pada kondisi langit mendung hasilnya juga sama dengan hasil pengukuran langsung yaitu keseluruhan sampel tidak memenuhi standar. Setelah didapatkan hasil perbandingan dari kondisi eksisting dan simulasi di atas bisa dilihat bahwa ada beberapa ruang kelas yang sangat mencolok seperti sampel 4 (R.K XII MIA 3), sampel 7 (R.K X IIS 2) dan sampel 8 (R.K X IIS 3) yang memang tidak memenuhi standar pencahayaan alami.

Maka dari itu akan dilakukan perubahan pada kondisi eksisting ruang kelas dan melakukan simulasi berdasarkan teori sesuai SNI 03-2369-2001 yaitu melakukan eksperimen mengenai faktor yang mempengaruhi pencahayaan alami seperti faktor

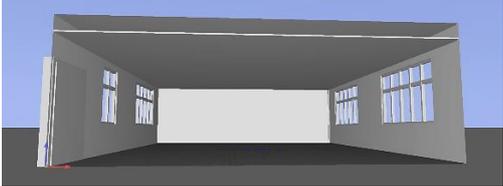
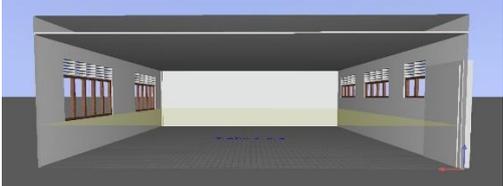
langit (cahaya matahari langsung), faktor refleksi luar (pantulan cahaya dari benda-benda di luar yang berada disekitar site) dan faktor refleksi dalam (refleksi cahaya dari benda-benda yang ada di dalam ruangan) untuk memberikan solusi seperti menambahkan bukaan yang lebih besar atau meninggikan bukaan, mencoba menghilangkan bangunan sekitar dan vegetasi, mengubah warna cat dan melakukan penambahan pencahayaan buatan pada ruang kelas jika memang diperlukan.

Berikut adalah analisa ruang kelas dengan mengubah kondisi eksisting dengan cara mengubah warna cat dinding menjadi putih dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil simulasi dengan merubah cat putih (Analisa Penulis, 2023)

Sampel 4 (R.K XII MIA 3)	Keterangan
	<p>Intensitas cahaya pada ruang kelas XII MIA 3 masih tidak memenuhi standar dengan nilai 74,5 lux dengan nilai minimum 22,8 lux dan nilai maksimum 555 lux. Nilai indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,31.</p>
Sampel 7 (R.K X IIS 2)	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya pada kelas X IIS 2 juga tidak memenuhi standar dengan intensitas sebesar 81,3 lux memiliki nilai minimum 22 lux dan nilai maksimum 512 lux. Indeks silau (<i>glare</i>) pada kelas ini sebesar 0,27.</p>

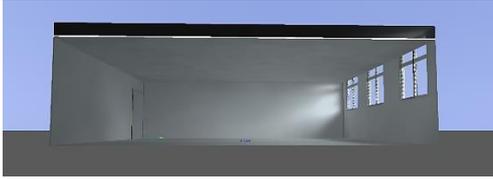
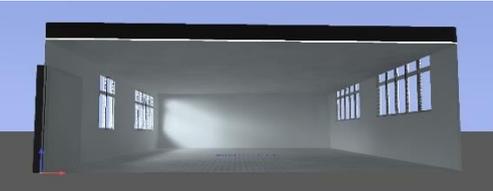
Tabel 4.10 (Lanjutan)

Sampel 8 (R.K X IIS 3)	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya pada ruang kelas X IIS 3 juga belum memenuhi standar yaitu sebesar 133 lux dengan intensitas minimum sebesar 43,8 lux dan maksimum sebesar 692 lux. Tingkat kesilauan pada ruang kelas ini sebesar 0,33.</p>
Sampel 2 (R.K X MIA 2)	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya pada ruang kelas X MIA 2 sudah memenuhi standar yaitu sebesar 396 lux dengan intensitas minimum sebesar 107 lux dan maksimum sebesar 15.303 lux. Tingkat kesilauan pada ruang kelas ini sebesar 0,27.</p>
Sampel 6 (R.K X MIA 7)	Keterangan
	<p>Distribusi cahaya pada ruang kelas X MIA 7 sudah memenuhi standar yaitu sebesar 396 lux dengan intensitas minimum sebesar 189 lux dan maksimum sebesar 1.619 lux. Tingkat kesilauan pada ruang kelas ini sebesar 0,48.</p>

Kesimpulan dari analisa di atas dapat diketahui bahwa dengan cara merubah cat dinding dari kondisi aslinya menjadikan warna putih juga belum sepenuhnya bisa memenuhi standar pencahayaan alami pada ruang kelas seperti sampel 4, 7 dan 8. Sedangkan pada sampel 2 dan 6 sudah memenuhi.

Berikutnya simulasi yang akan dilakukan yaitu meninggikan bukaan dan membuat bukaan menjadi lebih lebar, dapat dilihat pada tabel 4.11 di bawah sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Hasil simulasi dengan merubah lebar dan tinggi bukaan (Analisa Penulis, 2023)

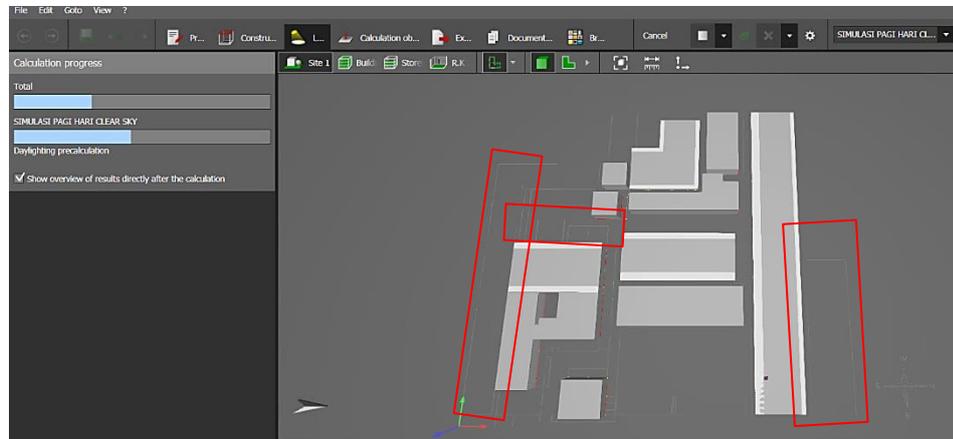
Sampel 4 (R.K XII MIA 3)	Keterangan
	<p>Distribusi pada ruang kelas XII MIA 3 dengan mengubah tinggi dan lebar bukaan tetap tidak memenuhi standar yaitu 77,9 lux dengan nilai intensitas terendah 26,1 lux dan nilai maksimum 227 lux. Tingkat nilai kesilauan pada kelas ini sebesar 0,34.</p>
Sampel 7 (R.K X IIS 2)	Keterangan
	<p>Nilai intensitas cahaya alami pada ruang kelas ini tidak memenuhi standar meskipun sudah mengubah kondisi bukaan. Nilai intensitasnya sebesar 81.6 lux dengan nilai intensitas minimum sebesar 25,6 lux dan nilai maksimum sebesar 511 lux. Tingkat kesilauan pada ruang kelas ini sebesar 0,31.</p>

Tabel 4.11 (Lanjutan)

Sampel 8 (R.K X IIS 3)	Keterangan
	<p>Distribusi pencahayaan alami pada ruang kelas X IIS 3 juga masih belum memenuhi standar yaitu 134 lux dengan intensitas minimum sebesar 45,3 lux dan nilai maksimum sebesar 692 lux. Untuk nilai indek silau (<i>glare</i>) pada ruang kelas ini sebesar 0.34.</p>

Kesimpulan dari analisa diatas dapat diketahui bahwa dengan mengubah bukaan menjadi lebih tinggi dan lebar juga belum bisa memenuhi standar pencahayaan alami pada ruang kelas. Karena pengaruh bangunan sekitar yang menghalangi masuknya cahaya kedalam ruangan.

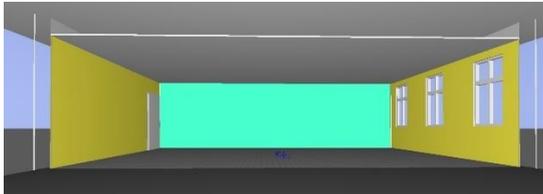
Selanjutnya mencoba melakukan simulasi dengan menghilangkan bangunan sekitar dan vegetasi yang ada pada lingkungan sekolah dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini.



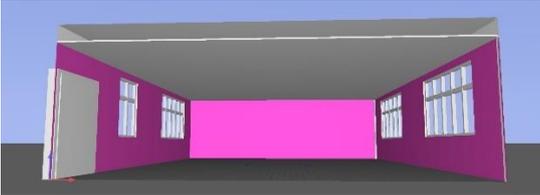
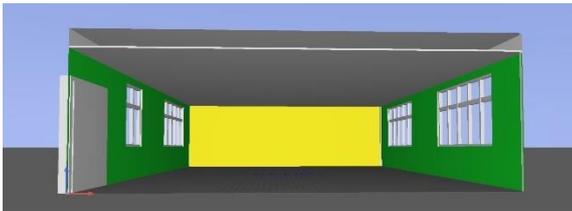
Gambar 4. Site lokasi dengan menghilangkan bangunan sekitar dan vegetasi
(Analisa Penulis, 2023)

Gambar diatas memperlihatkan bangunan sekitar yang akan dihilangkan dalam simulasi ini. Sehingga hanya tersisa bangunan sekolah nya saja. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4. 12 Hasil simulasi dengan menghilangkan bangunan sekitar dan vegetasi
(Analisa Penulis, 2023)

Sampel 4 (R.K XII MIA 3)	Keterangan
	<p>Intensitas cahaya untuk kelas XII MIA 3 masih menggunakan cat dinding asli namun mencoba menghilangkan bangunan sekitar yang mempengaruhi masuknya cahaya kedalam ruangan. Hasilnya juga belum memenuhi standar yaitu 56,7 lux dengan intensitas minimal sebesar 19,5 lux dan maksimal 471 lux. Indeks silau (<i>glare</i>) sebesar 0,34.</p>

Tabel 4.12 (Lanjutan)

Sampel 7 (R.K X IIS 2)	Keterangan
	<p>Distribusi nilai pencahayaan alami pada ruang kelas X IIS 2 juga masih menggunakan warna cat asli. Hasil dari simulasi pada ruang kelas ini memenuhi standar yaitu sebesar 305 lux dari standar normal 250 lux. Nilai intensitas terendah sebesar 58,8 lux dan nilai maksimal sebesar 1.518 lux. Untuk nilai kesilauan pada kelas ini sebesar 0,19.</p>
Sampel 8 (R.K X IIS 3)	Keterangan
	<p>Nilai distribusi pencahayaan alami pada kelas X IIS 3 yang menggunakan warna cat asli juga memenuhi standar pencahayaan alami untuk ruang kelas sebesar 457 lux yang memiliki intensitas minimum 174 lux dan maksimum 1.659 lux dengan tingkat kesilauan sebesar 0,38.</p>

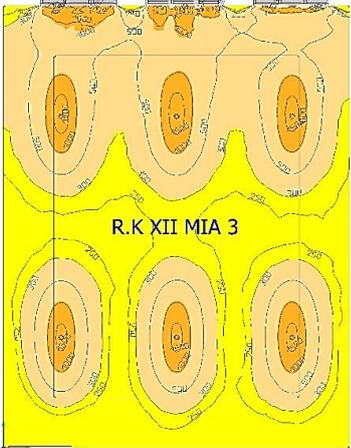
Hasil kesimpulan pada simulasi dengan menggunakan warna cat asli namun menghilangkan bangunan sekitar atau vegetasi sekitar site ruang kelas XII MIA 3 atau sampel 4 tetap tidak memenuhi standar yang diakibatkan bukaan jendela hanya

berada pada belakang kelas. Namun, untuk sampel 7 dan 8 telah memenuhi standar tanpa merubah warna cat dinding aslinya.

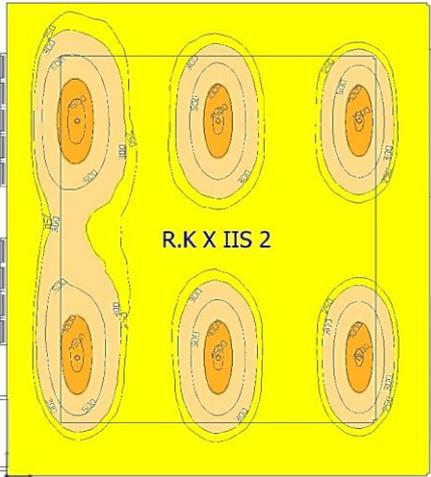
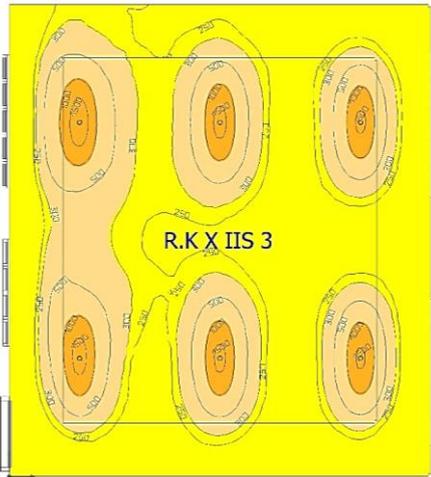
Dari hasil keseluruhan analisa yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa ruang kelas pada sampel 4, 7 dan 8 memang tidak memenuhi standar pencahayaan secara alami meskipun sudah mengubah beberapa kondisi eksisting seperti perubahan warna dan bukaan. Tidak optimalnya pencahayaan yang masuk dikarenakan adanya bangunan sekitar yang menjadi penghalang masuknya cahaya kedalam bangunan. Pada analisa yang dilakukan dengan menghilangkan bangunan sekitar pada sampel 7 dan 8 memenuhi standar pencahayaan dalam kelas meskipun tidak merubah warna cat dinding dan juga bukaan. Namun pada sampel 4 tetap tidak memenuhi standar karena bukaan jendela hanya berada di belakang kelas. Jadi kesimpulan yang bisa diambil yaitu bahwa sampel 4 (R.K XII MIA 3), sampel 7 (R.K X IIS 2) dan sampel 8 (R.K X IIS 3) tidak memenuhi syarat standar pencahayaan alami pada ruang kelas yaitu 250 lux. Oleh karena itu akan dilakukan pengoptimalan dengan penambahan pencahayaan buatan pada ketiga sampel.

Berikut hasil simulasi pada ketiga sampel dengan menambahkan pencahayaan buatan atau lampu dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil simulasi menggunakan pencahayaan buatan (Analisa Penulis, 2023)

Sampel 4 (R.K XII MIA 3)		
 <p>R.K XII MIA 3</p>	Manufacture	Philips ST321Y 1 xLED27S/830 HOVL-V
	Pcs	6
	Daya listrik (Watt)	23,5 W
	E (Target ≥ 250 lx)	472 lux
	Emin	144 lux
	Emax	1.872 lux

Tabel 4.13 (Lanjutan)

Sampel 7 (R.K X IIS 2)		
	Manufacture	Philips ST321Y 1 xLED27S/830 HOVL-V
	Pcs	6
	Daya listrik (Watt)	23,5 W
	E (Target ≥ 250 lx)	344 lux
	Emin	103 lux
	Emax	1.782 lux
Sampel 8 (R.K X IIS 3)		
	Manufacture	Philips ST321Y 1 xLED27S/830 HOVL-V
	Pcs	6
	Daya listrik (Watt)	23,5 W
	E (Target ≥ 250 lx)	368 lux
	Emin	116 lux
	Emax	1.802 lux

Dilihat dari hasil data diatas sampel ruang kelas dengan menggunakan penerangan buatan yang sama lampu *Philips* kode ST321Y 1 Xled27S/830 HOVL-V, dengan jumlah lampu 6 pcs pada tiap ruangan dan daya listrik 23,5 *Watt*. Hasil penggunaan pencahayaan buatan pada tiap ruang kelas memenuhi standar di atas

250 lux. Banyaknya lampu tiap ruang kelas berjumlah 6 lampu dengan peletakan secara otomatis dalam aplikasi dialux. Untuk sampel 4 ruang kelas (XII MIA 3) dengan intensitas 472 lux memiliki nilai intensitas minimum sebesar 144 lux dan nilai maksimum sebesar 1.872 lux. Sampel 7 (X IIS 2) dengan intensitas 344 lux, pada sampel 7 memiliki nilai minimum pencahayaan sebesar 103 lux dan nilai maksimum sebesar 1.782 lux. Terakhir ruang kelas (X IIS 3) dengan intensitas 368 lux, untuk intensitas minimum sebesar 116 lux dan nilai maksimum sebesar 1.802 lux.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dalam penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Pencahayaan yang kurang optimal, baik terlalu redup atau terlalu terang, dapat menyebabkan kelelahan pada mata sehingga mempengaruhi produktivitas seseorang. Mata cenderung berusaha terlalu keras untuk menyesuaikan dengan kondisi pencahayaan yang tidak tepat, yang dapat berakibat pada gejala seperti mata perih, mata berair, ngantuk dan rasa pusing.
2. Faktor yang mempengaruhi pencahayaan alami seperti faktor langit (cahaya matahari langsung), faktor refleksi luar (pantulan cahaya dari benda-benda diluar yang berada disekitar site) dan faktor refleksi dalam (refleksi cahaya dari benda-benda yang ada didalam ruangan). Faktor cuaca juga memengaruhi intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang kelas, dan selain cuaca, ada beberapa faktor internal lainnya yang juga memengaruhi pencahayaan ruang kelas seperti desain bukaan dan warna cat dinding, serta faktor eksternal seperti vegetasi di sekitar bangunan.
3. Hasil analisis secara langsung dan menggunakan simulasi ada beberapa ruang kelas yang memang cenderung tidak memenuhi standar pencahayaan alami SNI 03-6197-2011 yaitu 350 lux, ruang kelas XII MIA 3, X IIS 2 dan X IIS 3. Sedangkan untuk pengukuran pada kondisi langit mendung keseluruhan sampel tidak memenuhi standar.
4. Dari hasil keseluruhan analisa yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa ruang kelas pada sampel 4, 7 dan 8 memang tidak memenuhi standar pencahayaan secara alami meskipun sudah mengubah beberapa kondisi eksisiting seperti perubahan warna dan bukaan. Tidak optimalnya pencahayaan yang masuk dikarenakan adanya bangunan sekitar yang menjadi penghalang masuknya cahaya kedalam bangunan. Pada analisa yang dilakukan dengan menghilangkan bangunan sekitar pada sampel 7 dan 8 memenuhi standar

pencapaian dalam kelas meskipun tidak merubah warna cat dinding dan juga bukaan. Namun pada sampel 4 tetap tidak memenuhi standar karena bukaan jendela hanya berada dibelakang kelas. Jadi kesimpulan yang bisa diambil yaitu bahwa sampel 4 (R.K XII MIA 3), sampel 7 (R.K X IIS 2) dan sampel 8 (R.K X IIS 3) tidak memenuhi syarat standar pencapaian alami pada ruang kelas yaitu 350 lux. Oleh karena itu akan dilakukan pengoptimalan dengan penambahan pencapaian buatan pada ketiga sampel.

5.2 Saran

Sekolah SMA N-1 Tanjung Pura berada pada pusat kota oleh karena itu bangunan sekolah ini dikelilingi oleh bangunan lainnya yang lebih tinggi seperti toko atau ruko yang tingginya bisa mencapai 9 meter. Oleh sebab itu pencapaian yang masuk tidak optimal. Di sarankan pada bangunan sekolah ini bisa melakukan perencanaan ulang ruang kelas agar lebih tertata dengan memperhatikan kondisi eksisting lahan yang sempit. Memilih warna cat yang tepat juga mempengaruhi intensitas cahaya dalam ruangan. Warna dinding dan lantai yang cerah dan reflektif dapat membantu memantulkan lebih banyak cahaya di dalam ruangan. Penggunaan skylight, skylight adalah jendela atap yang dapat memberikan cahaya alami tambahan. Ini dapat menjadi solusi efektif terutama untuk ruangan di tengah bangunan yang sulit dijangkau oleh cahaya dari dinding luar atau bisa menggunakan penambahan pencapaian buatan seperti lampu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, A. R. (2022). *Kajian kenyamanan visual melalui pencahayaan pada ruang kerja*. 135–139.
- Athallah, A., Iqbal, M., & Situmeang, I. S. (2017). Simulasi pencahayaan alami pada gedung program studi arsitektur universitas malikussaleh. *NALARs*, *16*(2), 113. <https://doi.org/10.24853/nalars.16.2.113-124>
- Budiman, L., & Indrani, H. C. (2012). Desain pencahayaan pada ruang kelas SMA Negeri 9 Surabaya. *Dimensi Interior*, *10*(1), 33–41. <https://doi.org/10.9744/interior.10.1.33-41>
- Dora, P. E., & Nilasari, P. F. (2019). Pemanfaatan pencahayaan alami pada rumah tinggal tipe townhouse di Surabaya. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *15*(2), 9–25.
- Hakim, L. (2014). Analisa performa sistem pencahayaan ruang kelas mengacu pada standar kegiatan konservasi energi. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, *2*(1), 51–58.
- Harisun, E. (2017). *Optimalisasi Orientasi Bangunan terhadap Pencahayaan Alami (Studi Kasus : Politeknik Wiratama Ternate)* (Hendra Fauzi (ed.); 1st ed., Issue Januari). Prodi Arsitektur Unkhair Ternate.
- Latifah, N. L. (2015). *Fisika Bangunan 1*. Griya Kreasi.
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Methods For Architects*. Canada.
- Mahaputri, H. E. (2010). Studi simulasi model penerangan alami (Daylighting) ruang pada bangunan fasilitas pendidikan tinggi dengan Superlite 2.0. *Teknologi Dan Kejuruan*, *33*(2), 201–210.
- Mediastika, C. E. (2013). *Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan*. CV Andi Offset.
- Nurhaiza, N., & Lisa, N. P. (2016). Optimalisasi pencahayaan alami pada ruang. *Jurnal Arsitekno*, *7*(7), 32. <https://doi.org/10.29103/arj.v7i7.1234>

- Pangestu, M. D. (2019). *Pencahayaan Alami dalam Bangunan*. Unpar Press Jl. Ciumbuleuit No 100, Bandung 40141.
- Pratama, H. A. (2019). Pengaruh lingkungan kerja fisik dan non-fisik terhadap kebosanan kerja karyawan di Akademi Maritim Yogyakarta (AMY). *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 17(2), 75–85. <https://doi.org/10.33489/mibj.v17i2.203>
- Pratiwi, N., & Djafar, A. G. (2021). *Analysis of Lighting Performance in the Hall of the Faculty of Engineering , State University of Gorontalo by using the DIALux Evo 9 . 0 Simulation*. 0–18. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012032>
- Putri, R. N., & Trifiananto, M. (2018). Analisi tingkat pencahayaan di akademi komunitas semen indonesia – Gresik. *Tecnoscienza*, 2(2), 16.
- SNI. (2000). Konservasi energi pada sistem pencahayaan. *Sni*, 17.
- SNI. (2001). Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung. *Sni 03-2396-2001*, 1–32.
- SNI. (2011). Konservasi energi pada sistem pencahayaan. *SNI 03-6197-2011*.
- SNI. (2019). Sistem informasi standar nasional indonesia. *Sispk.Bsn.Go.Id*. http://sispk.bsn.go.id/SNI/ICS_Detail_list/1014
- SNI. (2020). Konservasi energi pada sistem pencahayaan. www.bsn.go.id
- soegijanto. (1998). Bangunan di indonesia dengan iklim tropis lembab ditinjau dari aspek fisika bangunan. *Dirjen Dikti Depdikbud*.
- Subagyo, A. (2017). Kualitas penerangan yang baik sebagai penunjang proses belajar mengajar di kelas. *Orbith*, 13(1), 21–27.
- Sutanto, M. . I. E. B. H. (2019). Desain pencahayaan buatan dalam arsitektur. PT Kanisius Yogyakarta.
- Wisnu, W., & Indarwanto, M. (2017). Evaluasi sistem pencahayaan alami dan buatan pada ruang kerja kantor kelurahan paninggihan utara, ciledug, tangerang. *Jurnal Arsitektur, Bangunan, & Lingkungan*, 7(1), 41–46.
- Witjaksono, A., & Kurniasari, W. (2018). Gambaran intensitas pencahayaan dan kelelahan mata pada siswa SDN Pagadean Subang. *Jurnal Sehat Masada*, 12(1), 73–84. <https://doi.org/10.38037/jsm.v12i1.58>
- Wiyanti, N., & Martiana, T. (2015). Hubungan intensitas penerangan dengan

kelelahan mata pada pengrajin batik tulis. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 4(2), 144.
<https://doi.org/10.20473/ijosh.v4i2.2015.144-154>

Yusvita, G. (2021). Analisis pencahayaan ruangan pada ruang kelas di Universitas Singaperbangsa Karawang menggunakan dialux evo 9 . 1. *VI*(3), 2160–2166.

BIODATA MAHASISWA

1. Personal

Nama : Arju Khoirunnisa
NIM : 190160012
Bidang : Arsitektur
Alamat : Dusun VI Desa Air Hitam Kec.
Gebang, Kab. Langkat, Sumatera
Utara, Indonesia, 20856
No. Handphone : 085262016425



2. Orang Tua

Nama Ayah : Alm. Abdul Haris
Pekerjaan : -
Umur : -
Nama Ibu : Almh. Nur'aini
Pekerjaan : -
Umur : -
Alamat : Dusun VI Desa Air Hitam Kec. Gebang, Kab.
Langkat, Sumatera Utara, Indonesia, 20856

3. Pendidikan Formal

Asal SMA (Tahun) : SMAN 1 Tanjung Pura (2016-2019)
Asal SMP (Tahun) : SMPN 2 Gebang (2013-2016)
Asal SD (Tahun) : SDN 050768 Air Hitam (2007-2013)

4. Software Komputer yang Dikuasai

Jenis Software : Autocad
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Sketchup
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Revit

Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Lumion
Tingkat penguasaan : *) Basic
Jenis Software : Enscape
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Dialux Evo
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Corel Draw
Tingkat penguasaan : *) Basic
Jenis Software : Adobe Photoshop
Tingkat penguasaan : *) Basic
Jenis Software : Microsoft Word
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Microsoft Power Point
Tingkat penguasaan : *) Intermediate
Jenis Software : Microsoft Excel
Tingkat penguasaan : *) Intermediate

Lhokseumawe, 20 Desember 2023

Penulis



Arju Khoirunnisa

NIM. 190160012