

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa penelitian yang berkaitan dengan topik proyek tugas akhir ini yang dimana penelitian-penelitian ini digunakan sebagai kajian dalam pengerjaan proyek tugas akhir ini.

Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian Sebelumnya

| No | Judul Penelitian | Tujuan | Metode | Hasil |
|----|---|---|--|--|
| 1 | <i>Thermal Comfort in School Children: Testing the Validity of the Fanger Method for a Mediterranean Climate</i> [13] | Melakukan studi untuk mengetahui apakah anak-anak merasakan suhu udara sama dengan orang dewasa serta apakah tingkat kenyamanan anak-anak juga sama dengan orang dewasa dengan menggunakan metode Fanger. | Melakukan survei kenyamanan termal terhadap murid-murid sekolah serta membandingkan hasil survei tersebut dengan hasil perhitungan dengan metode Fanger. | Metode Fanger tidak cocok digunakan sebagai estimasi kenyamanan termal pada anak-anak khususnya pada anak perempuan dan balita sehingga dapat disimpulkan bahwa anak-anak memiliki tingkat kenyamanan termal yang berbeda. |
| 2 | <i>Growing up in</i> | Menilai persepsi siswa | Melakukan survei dengan | Sekitar 4,2 hingga 14% siswa |

| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| | <i>discomfort: Exploring energy poverty and thermal comfort among students in Portugal</i> [14] | menengah ke atas terhadap kemiskinan energi di rumah serta kenyamanan termal di ruang kelas. | dua sampel dimana sampel pertama merupakan siswa yang sekolahnya direnovasi dengan satu sampel yang sekolahnya tidak direnovasi di Lisbon | hidup dengan ketidaknyamanan baik di rumah maupun di kelas sehingga dengan adanya renovasi sedikit dapat meningkat tingkat ketidaknyamanan |
| 3 | <i>Analysis of SET* and PMV to evaluate thermal comfort in prefab construction site offices: Case study in South China</i> [15] | Mempelajari penerapan <i>standard effective temperature</i> (SET) dan predicted Mean Value pada model <i>prefab construction site offices</i> (PCSO) | Melakukan pengukuran parameter serta melakukan kuesioner selama musim panas, gugur, dan dingin. | Standar temperatur efektif dan <i>Predicted Mean Value</i> (PMV) yang ada tidak dapat digunakan secara akurat untuk mengevaluasi kenyamanan termal para okupan PCSO tersebut. |
| 4 | <i>Evaluation of thermal comfort and urban heat island through cool paving materials using ENVI-Met</i> [16] | Membantu kota Alexandria, Mesir untuk menerapkan kenyamanan termal pada outdoor dan pengembangan kota yang berkelanjutan | Melakukan pengukuran parameter area studi dan melakukan simulasi dengan menggunakan software ENVI-met 4.0 | Dengan dilakukan simulasi dapat diketahui bahwa material yang digunakan untuk trotoar sangat berpengaruh terhadap kenyamanan termal area tersebut, material seperti aspal atau basal dapat menyebabkan temperature sekitar |

| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| | | | | area meningkat. |
| 5 | Analisis Pencahayaan terhadap Kenyamanan Visual pada Pengguna Kantor (Studi Kasus: Kantor PT. Sandimas Intimitra Divisi Marketing di Bekasi) [17] | Melakukan evaluasi serta analisis tingkat pencahayaan serta kenyamanan visual kantor PT. Sandimas Intimitra divisi marketing di Bekasi | Melakukan metode kualitatif dengan menggunakan kuesioner yang akan diolah dengan metode likert dan metode kuantitatif dengan melakukan pengukuran pencahayaan | Berdasarkan hasil pengukuran dan kuesioner dapat dikatakan pada zona A sudah mencapai standar SNI yang ada dengan kondisi tirai terbuka dan pada zona B standar SNI sudah tercapai dengan kondisi tirai tertutup |
| 6 | Analisis Pencahayaan pada Kenyamanan Visual (Studi Kasus: Perpustakaan Pusat, Universitas Islam Indonesia) [18] | Melakukan analisis kenyamanan visual pada perpustakaan pusat Universitas Islam Indonesia | Melakukan simulasi pencahayaan dengan menggunakan software Dialux dan dilakukan pengukuran tingkat pencahayaan | Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran didapatkan bahwa wilayah perpustakaan yang belum memenuhi standar mencapai 68,64% sehingga disarankan untuk menambahkan titik pencahayaan berupa lampu downlight 8 watt. |
| 7 | Pengaruh Pencahayaan | Menganalisis teori-teori dan faktor kenyamanan visual pada | Menggunakan metode deskriptif observatif dengan | Berdasarkan hasil observasi dan studi literatur didapatkan bahwa |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| | Terhadap Kenyamanan Visual Pada Starbucks Cambridge [19] | Starbuck Cambridge | melakukan pengukuran dan melakukan studi literatur dengan tema terkait dengan kenyamanan visual | kenyamanan visual pada Starbucks Cambridge sudah terpenuhi namun perlu ada bagian yang perlu ditingkatkan seperti vegetasi, lantai, dan langit-langit |
| 8 | Meningkatkan Karakter Bangunan Bersejarah & Kenyamanan Visual dengan Pencahayaan Buatan Studi Kasus: Gedung London Sumatra Indonesia di Kota Medan [20] | Mendapatkan data kenyamanan visual dan tingkat pencahayaan khususnya pada malam hari | Menggunakan metode kualitatif dengan melakukan simulasi dengan menggunakan software Enscape | Dengan melakukan simulasi didapatkan bahwa dengan melakukan perencanaan dengan baik dapat meningkatkan kenyamanan visual dan juga meningkatkan karakteristik dari bangunan |
| 9 | <i>Investigation of illuminance-based metrics in predicting occupants' visual comfort (case study:</i> | Melakukan analisis performa dari beberapa daylight dinamis dan statis dan matrik glare pada studio arsitektur | Melakukan pengukuran dan melakukan survei kuesioner pada tiga universitas berbeda | Berdasarkan data yang didapat ditemukan bahwa persepsi okupan berkorelasi dengan Point-in-Time-Illuminance (EP), Spatial Daylight Autonomy (sDA), |

| | | | | |
|----|---|--|---|--|
| | <i>Architecture design studios) [21]</i> | | | dan Useful Daylight Illuminance (UDI) |
| 10 | <i>Outdoor thermal comfort assessment: A review on thermal comfort research in Australia [22]</i> | Mengetahui bagaimana kondisi penerapan dan penelitian kenyamanan termal pada luar ruangan pada masa sekarang dan masa lalu | Melakukan review literatur mengenai berbagai penelitian kenyamanan termal luar ruangan yang berada di Australia | Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa standar yang berlaku bermasalah dikarenakan standar tersebut merupakan standar untuk area dalam ruangan sehingga perlu ada urgensi untuk membuat standar yang baru |

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya terdapat empat metode penelitian yang dilakukan. Metode pertama dilakukan dengan melakukan pengukuran parameter-parameter yaitu suhu, kelembapan, kecepatan angin, intensitas cahaya, dan distribusi cahaya [15-19] [21], Metode kedua adalah dengan melakukan survei dengan menggunakan kuesioner untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal atau visual dari sampel yang menggunakan bangunan atau ruangan tersebut [13-15] [17] [21]. Pada survei kenyamanan termal digunakan metode Fanger [11] dan metode skala Likert [14] [15] [17]. Metode ketiga adalah melakukan simulasi dengan menggunakan software [16] [18] [20]. Metode terakhir yang digunakan adalah dengan review literatur dimana dilakukan analisa mengenai penelitian atau literatur yang berkaitan dengan kenyamanan termal atau visual [19] [22]. Pada penelitian sebelumnya tidak ada yang menggunakan tiga metode pengukuran, survei, dan melakukan simulasi

2.2 Dasar Teori

Kenyamanan termal merupakan sensasi atau persepsi subjektif individu terhadap kondisi termal dalam sebuah lingkungan [23]. Kenyamanan visual sendiri merupakan persepsi subjektif individu terhadap kualitas pencahayaan di lingkungan sekitarnya [24]. Kedua hal tersebut merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan saat perencanaan ataupun pengelolaan bangunan, terutama pada bangunan pada bidang pendidikan.

Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan termal antara lain temperatur, kelembapan, kecepatan udara, dan radiasi matahari. Selain itu, faktor lain seperti jenis aktivitas, pakaian, kondisi fisik, dan gender individu, serta bahan bangunan yang digunakan dapat mempengaruhi kenyamanan termal [25]. Sementara itu faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan visual adalah intensitas pencahayaan, distribusi pencahayaan, dan pengaturan pencahayaan berdasarkan aktivitas yang dilakukan [26].

Dengan terpenuhinya faktor-faktor tersebut akan memberikan berbagai dampak positif. Dampak yang dapat diberikan antara lain peningkatan performa, produktivitas, dan konsentrasi pada saat beraktivitas, serta menjaga kesehatan penghuni ruangan atau bangunan tersebut [27].

2.2.1 Standar Kenyamanan Termal dan Visual

2.2.1.1 SNI

2.2.1.1.1 SNI 6572-3:2024. Standar, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi pada Bangunan Gedung

Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk kenyamanan termal adalah serangkaian pedoman dan standar yang mendefinisikan kondisi optimal untuk kenyamanan termal dalam bangunan. Standar yang digunakan adalah SNI 6572-3:2024. Standar, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi pada Bangunan Gedung, yang memberikan pedoman pada suhu, kelembapan, dan pergerakan udara di berbagai ruangan seperti ruang kelas, kantor, dan ruang kediaman. Panduan ini didasarkan pada penelitian dan studi yang luas dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu luar rata-rata, tingkat kelembapan, dan kualitas udara di Indonesia. Tingkat kenyamanan termal dibagi menjadi tiga kategori: kenyamanan dingin, kenyamanan optimal, dan kenyamanan hangat [28].

Tabel 2.2 Tingkat Kenyamanan Temperatur dan Kelembaban Berdasarkan SNI 6572-3:2024.

| Kategori Kenyamanan | Temperatur Efektif (TE) | Kelembapan (RH) | Kecepatan Udara |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|
| Sejuk Nyaman Ambang atas | 20,5°C - 22,8°C 24°C | 50% 80% | - |
| Nyaman Optimum Ambang atas | 22,8°C - 25,8°C 28°C | 70% | - |
| Hangat Nyaman Ambang atas | 25,8°C - 27,1°C 31°C | 60% | - |
| Gerakan udara tidak terasa | - | - | < 0,25 m/s |
| Gerakan udara sedikit terasa namun nyaman | - | - | 0,25 - 0,5 m/s |

| Kategori Kenyamanan | Temperatur Efektif (TE) | Kelembapan (RH) | Kecepatan Udara |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|
| Gerakan udara terasa dan nyaman | - | - | 0,5 - 1 m/s |
| Gerakan udara sedikit kencang namun kurang nyaman | - | - | 1 - 1,5 m/s |
| Aliran udara sangat kencang dan tidak nyaman | - | - | > 1,5 m/s |

2.2.1.1.2 SNI 6197:2020 Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan

SNI yang digunakan untuk kenyamanan visual adalah SNI 6197:2020 yang memberi standar tingkat pencahayaan dengan melakukan konservasi energi. Tingkat pencahayaan yang digunakan untuk setiap ruangnya berbeda berdasarkan jenis dan fungsi ruangan tersebut [29].

Tabel 2.3 Standar Tingkat Pencahayaan pada Lembaga Pendidikan Menurut SNI 6197:2020 pada Lembaga Pendidikan

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan rata-rata minimum (E) | Renderasi Warna Minimum |
|-------------------------|---|-------------------------|
| Ruang Kelas | 350 | 80 |
| Ruang Baca Perpustakaan | 350 | 80 |
| Laboratorium | 500 | 90 |
| Ruang Praktek Komputer | 500 | 80 |

| Fungsi Ruangan | Tingkat Pencahayaan rata-rata minimum (E) | Renderasi Warna Minimum |
|---------------------------|---|-------------------------|
| Ruang Laboratorium Bahasa | 300 | 90 |
| Ruang Guru | 300 | 80 |
| Ruang Olahraga | 300 | 80 |
| Ruang Gambar | 750 | 80 |
| Ruang Auditorium | 300 | 80 |
| <i>Lobby</i> | 100 | 80 |
| Tangga | 100 | 80 |
| Kantin | 200 | 80 |

2.2.1.2 ASHRAE

The American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers mengembangkan standar untuk kondisi lingkungan termal, yang dikenal sebagai ASHRAE Standard 55. Standar ini menetapkan pedoman untuk parameter kenyamanan termal dalam ruangan, seperti suhu, kelembapan, kecepatan udara, dan faktor lainnya. ASHRAE juga menyediakan grafik psikometrik yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara berbagai sifat udara, termasuk suhu, kelembapan, dan entalpi. Dengan menggunakan grafik psikometrik dan mengikuti pedoman yang ditetapkan oleh Standar ASHRAE 55 dapat menentukan apakah kondisi termal di ruangan atau bangunan berada dalam tingkat kenyamanan yang dapat diterima [30].

2.2.2 Predicted Mean Vote (PMV)

Predicted Mean Vote atau PMV adalah metode yang digunakan untuk menganalisis tingkat kenyamanan termal okupan yang sebuah

ruangan atau tempat. Metode ini menggunakan skala Likert dengan skala dari -3 dingin, -2 cukup dingin, -1 sedikit dingin, 0 netral, 1 sedikit hangat, 2 cukup hangat, 3 panas [31].

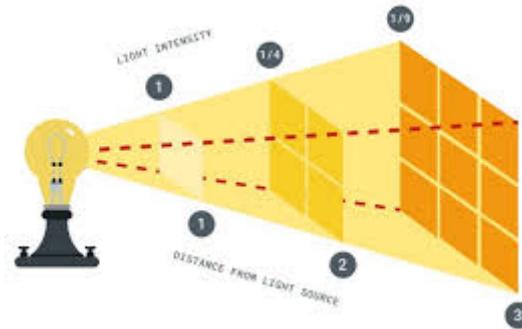
2.2.3 Adaptive Thermal Comfort

Adaptive thermal comfort mengacu pada gagasan bahwa individu memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan menyesuaikan diri dengan lingkungan termal mereka untuk mempertahankan kenyamanan. Ide ini menunjukkan bahwa kenyamanan termal tidak hanya ditentukan oleh faktor-faktor objektif seperti suhu udara, tetapi juga oleh faktor individu termasuk respons fisiologis, penyesuaian perilaku, dan lain-lain. Penyebab kenyamanan termal adaptif adalah pengakuan bahwa manusia adalah agen aktif dalam lingkungan mereka. Manusia akan mencoba untuk beradaptasi dan membuat perubahan dalam perilaku mereka untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal. Penelitian telah menunjukkan bahwa kenyamanan termal adaptif dapat bervariasi sangat tergantung pada faktor-faktor seperti pakaian, tingkat metabolisme, dan bahkan faktor psikologis. Misalnya, individu dapat memilih untuk berpakaian dalam lapisan atau menyesuaikan tingkat aktivitas mereka untuk mengatasi kondisi termal yang berbeda [32].

2.2.4 Pencahayaan

2.2.4.1 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah jumlah energi cahaya yang dipancarkan sumber cahaya pada arah tertentu per satuan sudut padat. Faktor yang mempengaruhi besarnya intensitas cahaya adalah jumlah dan jenis sumber cahaya yang ada. Satuan dari intensitas cahaya adalah candela (cd) [33].



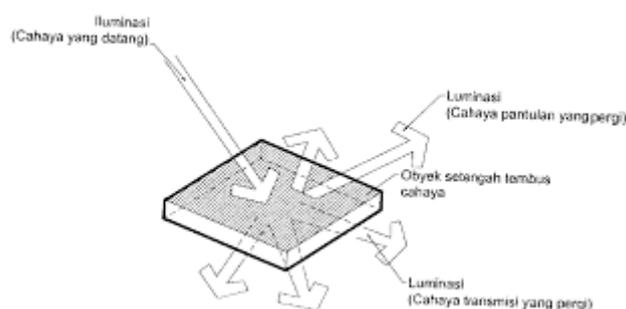
Gambar 2.1 Intensitas Cahaya [33]

2.2.4.2 Iluminasi

Iluminasi adalah besar kuantitas cahaya yang jatuh pada suatu permukaan objek. Satuan yang digunakan iluminasi adalah lux. Iluminasi juga dapat disebut sebagai tingkat pencahayaan dimana merupakan ukuran besar cahaya yang jatuh pada suatu bidang [33].

2.2.4.3 Luminasi

Luminansi adalah banyaknya jumlah intensitas pencahayaan yang dipantulkan sebuah objek atau bidang. Fungsi luminansi untuk mengukur kecerahan relatif suatu permukaan, dan tidak tergantung pada ukuran maupun jarak. Nilai luminansi yang terlalu besar dapat mengganggu okupan karena terlalu silau. Satuan luminansi adalah cd/m^2 .



Gambar 2.2 Iluminasi dan Luminasi [33]

2.2.4.4 Dialux

Dialux merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan simulasi pencahayaan pada bangunan baik pencahayaan alami atau buatan [34]. Aplikasi ini dapat mensimulasikan

pencahayaannya dengan berbagai kondisi dengan memasukkan parameter seperti besar, bentuk, dan jenis jendela, warna dinding, letak geografis, arah sumber cahaya, dan lainnya. Simulasi ini dapat membantu pengguna untuk mengaudit atau mengevaluasi sistem pencahayaan pada sebuah bangunan atau ruangan.