

Kenyamanan Termal Siswa Pada Ruang Belajar
(Studi Kasus: Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa)



OLEH:

PRISCILLA AGATHA DUMINGGU

D051171005

DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

“Kenyamanan Termal Siswa Pada Ruang Belajar (Studi Kasus: SMA Negeri 08 Gowa)”

Disusun dan diajukan oleh

Priscilla Agatha Duminggu
D051171005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Agustus 2023

Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT
NIP. 19700810 199802 1 001

Pembimbing II



Ir. Muhammad Taufik Ishak, MT
NIP. 19600119 198903 1 002

Mengetahui



Dr. Ir. H. Edward Syarif, MT.
NIP. 19690612 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Priscilla Agatha Duminggu

Nim : D051171005

Program Studi : S1 Teknik Arsitektur

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil pemikiran saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari saya terbukti atau tidak dapat dibuktikan bahwa atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, September 2023

Yang menyatakan,



Priscilla Agatha Duminggu

Abstrak

Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa merupakan salah satu sekolah Menengah Atas yang terletak di Kabupaten Gowa, Kelurahan Romang Lompoa. Ruang kelas yang dimiliki sebanyak 31 kelas dan memiliki ruang ruang lainnya. Ruang belajar SMA Negeri 08 Gowa memiliki bukaan jendela yang membuat keluar masuknya udara tidak sempurna, sehingga ruang kelas diperkirakan kurang nyaman untuk digunakan oleh para pelajar maupun pengajar. Diantara banyaknya bukaan hanya ada sebagian bukaan jendela yang bisa dibuka-tutup selebihnya menggunakan kaca mati. Adapun hal yang membuat ruang kelas kurang nyaman yaitu di depan ruang kelas kurangnya penggunaan vegetasi, sehingga membuat ruang kelas menjadi terasa panas. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis persepsi siswa pada kondisi lingkungan termal SMA Negeri 08 Gowa dengan menggunakan metode penelitian pendekatan kuantitatif didukung oleh software Ecotect Analysis 2011 untuk menganalisis desain ruang kelas. Data yang dianalisis dengan software Ecotect dimasukkan dahulu letak geografis dan data iklimnya lalu membuat 3D model dan pengisi properti material yang digunakan. Kemudian, 3D model dianalisis menggunakan software Ecotect dan data persepsi di analisis menggunakan software IBM SPSSV Versi 16.0. Kemudian, hasil dari simulasi akan dituangkan dalam bentuk grafik. Hasil penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa ruang kelas di SMAN 08 Gowa memiliki rata-rata temperatur 29°C, dapat dikategorikan ruang kelas ini berada di ambang batas kenyamanan termal. Berdasarkan persepsi siswa-siswi SMAN 08 Gowa, merasakan panas di dalam ruang kelas dikarenakan bukaan di dalam ruang kelas kurang optimal.

Kata Kunci: *Kenyamanan Termal, Temperatur, Sistem Ventilasi*

Abstract

Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa is one of the senior high schools located in Gowa Regency, Romang Lompoa Village. It has 31 classrooms and other rooms. The study rooms of SMA Negeri 08 Gowa have window openings that make the entry and exit of air imperfect. So that the classroom is estimated to be less comfortable for use by students and teachers. Among the many openings there are only some window openings that can be opened and closed the rest using dead glass. The thing that makes the classroom less comfortable is in front of the classroom the lack of use of vegetation. So that it makes the classroom feel hot. Thus, this study aims to identify and analyze the perceptions of students on the thermal environmental conditions of SMA Negeri 08 Gowa using quantitative approach research methods supported by Ecotect Analysis 2011 software to analyze the design of classrooms. Data analyzed with Ecotect software is entered first geographical location and climate data and then create a 3D model and filler material properties are used. Then, the 3D model is analyzed using Ecotect software and the perception data is analyzed using IBM SPSSV Version 16.0 software. Then, the results of the simulation will be outlined in graphic form. The results of this study as a whole show that the classroom at SMAN 08 Gowa has an average temperature of 29°C, can be categorized this classroom is on the threshold of thermal comfort. Based on the perception of students SMAN 08 Gowa, feel the heat in the classroom because the openings in the classroom is less than optimal.

Keywords: *Thermal Comfort, Temperature, Ventilation System*

Kata Pengantar

Salam sejahtera untuk kita semua, Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Kenyamanan Termal Siswa Pada Ruang Belajar (Studi Kasus: SMA Negeri 08 Gowa)”. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Donald Ambrosius Duminggu dan Ibu Hendrika L. Meheda yang selalu mendoakan, mendampingi, dan memberi semangat penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT. selaku Ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Rosady Mulyadi, ST., MT dan Bapak Ir. Muhammad Taufik Ishak, MT. sebagai Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., MT., M.Arch., Ph.D dan Ibu Dr. Eng. Hj. Asniawaty, ST., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran-saran selama proses pengerjaan skripsi.
5. Bapak Ir. Muhammad Taufik Ishak, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas masukan dan nasehat selama masa studi penulis.
6. Para dosen, staff dan karyawan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuan dan dukungan yang senantiasa penulis terima dari waktu ke waktu.
7. Keluarga Ibu Junetta Duminggu serta keluarga lainnya yang telah mendukung dalam masa penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan Jechika Millenia Gareso, S.Ars, Zhafirah Nur Afifah D, S.Ars, Amirah Raniah yang senantiasa mendukung dan berjuang bersama sejak mahasiswa baru hingga saat ini.
9. Kepada seluruh saudara/i SIMETRI 2017 yang selalu membantu, memotivasi, dan kebersamaannya.

10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantuk penulis disetiap proses yang telah dilalui.

Gowa, Agustus 2023

Penulis

Daftar Isi

Abstrak	2
Abstract.....	3
Kata Pengantar.....	4
Daftar Isi.....	i
Daftar Gambar	iii
Daftar Tabel	v
Bab 1.....	1
Pendahuluan	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2.....	5
Kajian Pustaka	5
A. Bangunan Sekolah	5
B. Kenyamanan Termal	5
C. Iklim.....	9
D. Penelitian Terdahulu	12
E. Kerangka Konsep	14
Bab 3.....	15
Metode Penelitian.....	15
A. Rancangan Penelitian.....	15
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15

C.	Objek Penelitian.....	16
D.	Variabel Penelitian	17
E.	Instrumen Penelitian.....	19
F.	Definisi Operasional.....	20
G.	Kerangka Alur Penelitian.....	21
H.	Teknik Analisis Data	23
Bab 4.....		24
Hasil dan Pembahasan		24
A.	Kondisi Lingkungan Termal Pada Ruang Belajar	24
B.	Hasil Pengukuran.....	33
C.	Persepsi Siswa.....	47
1.	Persepsi Siswa Terhadap Ruang Kelas.....	47
2.	Hasil Kuisisioner.....	51
D.	Alternatif Desain Ruang Kelas	53
	Hasil Simulasi Perubahan Dimensi Jendela	59
Bab 5.....		62
Kesimpulan dan Saran		62
A.	Kesimpulan	62
B.	Saran.....	62
Daftar Pustaka		64

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Peta Klarifikasi Iklim Koppen	11
Gambar 3.1 Lokasi Gedung SMAN 08 Gowa.....	15
Gambar 3.2 Ruang kelas depan sebelah kiri	16
Gambar 3.3 Ruang kelas depan sebelah kanan.....	16
Gambar 3.4 Vegetasi di Lapangan Sekolah	17
Gambar 3.5 Layout Titik Pengukuran Ruang Kelas.....	17
Gambar 3.6 Laptop	19
Gambar 3.7 Software Autodesk Ecotect.....	19
Gambar 3.8 Meteran	20
Gambar 3.9 LSI-LASTEM	20
Gambar 4.1 Site Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa.....	24
Gambar 4.2 Sebelah Utara Permukiman Warga	25
Gambar 4.3 Sebelah Timur Permukiman Warga	25
Gambar 4.4 Sebelah Selatan Permukiman Warga	25
Gambar 4.5 Sebelah Barat Toko Alat Tulis Kantor	26
Gambar 4.6 Pola Tatahan Massa Bangunan.....	26
Gambar 4.7 Denah Vegetasi Ruang Kelas	27
Gambar 4.8 Vegetasi Menghadap Utara	28
Gambar 4.9 Vegetasi Menghadap Timur	28
Gambar 4.10 Vegetasi Menghadap Selatan dan Utara	29
Gambar 4.11 Vegetasi Menghadap Barat	29
Gambar 4.12 Vegetasi Menghadap Selatan	30
Gambar 4.13 Detail Jendela 3D.....	30
Gambar 4.14 Bukaan Jendela dan Ventilasi Bagian Kiri.....	31
Gambar 4.15 Bukaan Jendela dan Ventilasi Kanan	31
Gambar 4.16 Bukaan Jendela dan Ventilasi	31
Gambar 4.17 Ruang Kelas XII IPA 1	32
Gambar 4.18 Ruang Kelas XII IPA 2	32
Gambar 4.19 Ruang Kelas XII IPA 3	33
Gambar 4.20 Posisi Ruang Kelas Zona 1	33

Gambar 4.21 Posisi Ruang Kelas Zona 2	35
Gambar 4.22 Posisi Ruang Kelas Zona 3	36
Gambar 4.23 Posisi Ruang Kelas Zona 4	37
Gambar 4.24 Posisi Ruang Kelas Zona 5	38
Gambar 4.25 Posisi Ruang Kelas Zona 6	39
Gambar 4.26 Posisi Ruang Kelas Zona 7	41
Gambar 4.27 Posisi Ruang Kelas Zona 8	42
Gambar 4.28 Posisi Ruang Kelas Zona 9	43
Gambar 4.29 Posisi Ruang Kelas Zona 10	44
Gambar 4.30 Denah Seluruh Ruang Kelas	45
Gambar 4.31 Perspektif Semua Zona Ruang Kelas	46
Gambar 4.151 Diagram Jenis Kelamin Siswa-Siswi	47
Gambar 4.152 Diagram Persepsi Siswa	48
Gambar 4.153 Diagram Suhu Kenyamanan Termal	48
Gambar 4.154 Denah Ruang Kelas Simulasi	53
Gambar 4.155 Analisis Ruang Kelas Jendela Tertutup	54
Gambar 4.156 Temperatur Analisis Ruang Kelas Jendela Tertutup	54
Gambar 4.157 Analisis Ruang Kelas Jendela Terbuka	55
Gambar 4.158 Detail Jendela	57
Gambar 4.159 Casement Window	57
Gambar 4.160 Jendela Pivot	58
Gambar 4.161 Analisis Ruang Kelas Jendela Terbuka	58
Gambar 4.162 Data Termal Analisis Desain Alternatif Ruang Kelas Jendela Terbuka..	59
Gambar 4.163 Analisis Ruang Kelas Jendela Tertutup	59
Gambar 4.164 Data Termal Analisis Desain Alternatif Ruang Kelas Jendela Tertutup .	59

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Insulasi Pakaian	7
Tabel 2. 2Metabolisme rate berdasarkan aktivitas dalam ruang olahraga.....	9
Tabel 2.3Aktivitas dan Nilai Metabolisme	9
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 1 (°C)	34
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 2 (°C)	35
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 3	36
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 4	37
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 5	38
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 6	40
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 7	41
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 8	42
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 9	43
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Ruang Kelas Zona 10	44
Tabel 4.11 Jumlah Responden	49
Tabel 4.12 Hasil Uji Validitas Kuisisioner Ruang Kelas.....	52
Tabel 4.13 Uji Reliabilitas Kuisisioner	52
Tabel 4.14 Temperatur Ruang Kelas Jendela Terbuka.....	55

Bab 1

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Ruang belajar merupakan suatu yang bisa dilakukan sebagai tempatnya proses belajar mengajar. Ruang kelas juga harus menjadi tempat yang nyaman bagi para pelajar maupun pengajar. Ruang kelas tidak hanya berhubungan dengan para pelajar maupun pengajar namun ruang kelas berhubungan dengan kenyamanan. Tentunya juga ruang kelas harus dilengkapi dengan fasilitas yang lengkap, bahkan ruang kelas mempunyai kriteria yang harus di penuhi seperti sirkulasi udara yang baik dan memadai.

Kenyamanan termal yang dapat dirasakan manusia merupakan fungsi dari faktor iklim serta dua faktor individu yaitu jenis aktifitas yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh serta jenis pakaian yang digunakan. Menurut teori ini, kenyamanan suhu tidak secara nyata dipengaruhi oleh faktor usia, kegemukan, jenis kelamin, tempat tinggal geografis, adaptasi dan sebagainya (Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55), 1999).

Kenyamanan dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni temperature udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subyektif seperti metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh serta usia dan jenis kelamin (Auliciems, 2007).

Kenyamanan termal dalam ruangan akan meningkatkan produktivitas kerja. Suhu yang terlalu dingin dan panas dapat menyebabkan ketidaknyamanan para pengguna yang sedang beraktivitas. Banyak ahli yang telah menjelaskan dampak negatif dari kondisi ruangan yang buruk terhadap performa penghuninya seperti kondisi ruang belajar atau ruang kerja yang tidak nyaman akan mempengaruhi produktivitas kerja.

Menurut Fanger (1972) kondisi kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh faktor iklim dan faktor individu. Faktor iklim yang mempengaruhi kondisi termal

terdiri dari: suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban udara relative dan kecepatan angin serta pergerakan udara di dalam ruang(Yafie & Mutiari, 2023) .

Sekolah Menengah Atas Negeri 08 Gowa merupakan salah satu Sekolah Menengah Atas yang terletak di Kabupaten Gowa, Kelurahan Romanglompoo. SMA Negeri 08 Gowa memiliki pola tatanan massa bangunan axial. Organisasi ruang yang terbentuk berdasarkan garis axis tertentu yang menghubungkan antar ruang dan membuat sebuah pola. Pola axial ini juga merupakan pengembangan dari beberapa pola organisasi ruang linier. Ruang kelas yang dimiliki sebanyak 31 kelas dan memiliki laboratarium biologi serta ruang-ruang lainnya seperti ruang guru, ruang kepala sekolah, ruang kesiswaan, ruang kurikulum, ruang tata usaha, ruang bimbingan konseling, ruang UKS (Unit Kesehatan Siswa), ruang komputer, ruang operator, ruang pramuka, ruang PMR (Palang Merah Remaja), ruang OSIS (Organisasi Siswa Intra Sekolah), ruang Paskibraka (Pasukan Pengibar Bendera Pusaka) dan perpustakaan. Fasilitas yang dimiliki yaitu toilet sebanyak 14 toilet dan memiliki mushollah.

Bagian kelas depan sebelah kiri, arah posisi bukaan menghadap ke arah Barat dan bagian kelas depan sebelah kanan, arah posisi bukaan menghadap ke arah Timur dan bagian kelas belakang, arah posisi bukaan menghadap ke arah Utara. Ruang belajar di SMA Negeri 08 Gowa memiliki bukaan jendela yang membuat keluar masuknya udara tidak sempurna. Sehingga ruang kelas diperkirakan kurang nyaman untuk digunakan oleh para pelajar maupun pengajar. Diantara banyaknya bukaan hanya ada sebagian bukaan jendela yang bisa dibuka-tutup selebihnya menggunakan kaca mati. Karena itu kenyamanan termal menjadi suatu hal yang sangat penting diperhatikan pada ruang kelas, demi tercapainya proses belajar yang kondusif dan memberi hasil yang memuaskan bagi pelajar. Adapun hal yang membuat ruang kelas kurang nyaman yaitu di depan ruang kelas kurangnya penggunaan vegetasi. Sehingga membuat ruang kelas menjadi terasa panas.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi lingkungan pada ruang belajar di SMAN 08 Gowa?
2. Bagaimana persepsi siswa terhadap kondisi lingkungan termal pada ruang belajar di SMAN 08 Gowa?
3. Bagaimana alternatif desain ruang kelas yang dapat meningkatkan kenyamanan termal di ruang belajar SMAN 08 Gowa?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai berdasarkan dari rumusan masalah adalah:

1. Untuk mengidentifikasi kondisi termal pada ruang belajar di SMAN 08 Gowa.
2. Menganalisis persepsi siswa terhadap kondisi termal pada ruang belajar SMAN 08 Gowa.
3. Menganalisis alternatif desain ruang kelas berdasarkan hasil identifikasi kondisi termal dan persepsi siswa yang dapat meningkatkan kenyamanan termal di ruang belajar SMAN 08 Gowa.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca, masyarakat, pemerintah maupun penelitian. Adapun manfaat yang diharapkan antaranya:

1. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti yang mengangkat topik yang sama.
2. Bagi masyarakat, menjadi sumber pengetahuan dan literatur dalam perencanaan bangunan yang memperhatikan tingkat kenyamanan termal dalam ruangan.
3. Bagi siswa SMAN 08 Gowa, menambah wawasan serta ilmu tentang sensasi kenyamanan termal yang dirasakan oleh siswa.

E. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan dari penelitian yaitu:

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini berisi latar belakang dari persoalan yang akan diteliti, rumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori yang menjadi acuan dari penulisan penelitian ini dan penelitian terdahulu yang relevan dengan tujuan penelitian serta bagan wawasan teoritis.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini akan menjabarkan tentang jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, objek penelitian dan unit analisis, jenis data dan sumber data , teknik analisis data dan pemeriksaan keabsahan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan menjelaskan hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan menguraikan gambaran-gambaran kawasan lokasi penelitian.

Bab V Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran.

Bab 2

Kajian Pustaka

A. Bangunan Sekolah

Sekolah adalah kegiatan di waktu luang bagi anak-anak di tengah kegiatan mereka yang utama, yaitu bermain dan menghabiskan waktu menikmati masa anak-anak dan remaja. Sebagian besar aktifitas sekolah belajar mengajar dilakukan di dalam bangunan sekolah. Beberapa bagian dari sekola terdiri dari:

- a. Ruang kelas
- b. Ruang guru
- c. Perpustakaan sekolah
- d. Ruang laboratorium sekolah
- e. Toilet siswa dan guru
- f. Kantin sekolah dan lain-lain

Berdasarkan Undang-Undang no 2 tahun 1989 sekolah adalah satuan pendidikan yang berjenjang dan berkesinambungan untuk menyelenggarakan kegiatan belajar mengajar (INDONESIA, 2006).

B. Kenyamanan Termal

Salah satu faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja dalam tingkat kenyamanan pada saat bekerja adalah kenyamanan termal. Menurut American Society Of Heating; Refrigerating and Air- conditioning Engineers/ASHRAE (1989), kenyamanan termal adalah perasaan dimana seseorang merasa nyaman dengan temperature lingkungannya yang dalam konteks sensasi digambarkan sebagai kondisi dimana seseorang tidak merasakan kepanasan maupun kedinginan pada lingkungan tertentu(ASHRAE, 1989). Menurut ASHRAE (2004:2), kenyamanan termal adalah kondisi pikiran yang mengungkapkan kepuasan terhadap lingkungan termal dan dinilai atau dievaluasi secara subyektif (Santoso, 2012).

Standar Internasional mengenai kenyamanan termal (suhu) ISO 7730:1994 menyatakan bahwa sensasi termal yang di alami manusia merupakan fungsi dari 4 faktor iklim yaitu: suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, serta faktor-faktor individu

yang berkaitan dengan laju metabolisme tubuh, serta pakaian yang digunakan (ISO, 1994).

Kenyamanan termal adalah suatu perasaan seseorang yang tidak merasakan kepanasan atau kedinginan di suatu ruangan atau lingkungan. Dimana seseorang dapat merasakan temperatur yang nyaman di suatu ruangan atau di lingkungan tersebut. Temperatur udara merupakan temperatur di sekeliling individu. Bisa dikatakan salah satu faktor utama dari kenyamanan termal (ASHRAE, 1989).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu pribadi manusia itu sendiri antara lain metabolisme tubuh, pakaian, aktivitas dan yang kedua adalah variabel iklim metabolisme tubuh, pakaian yang dikenakan, dan aktivitas (Humphreys and Nicol, 2002).

1. Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam kenyamanan termal. Manusia bisa dikatakan nyaman jika suhu tubuh sekitar 37%. Temperatur merupakan suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan. Suatu ukuran temperatur yang digunakan di Indonesia adalah °C (derajat Celsius). Sementara satuan ukur yang banyak digunakan di luar negeri adalah derajat Fahrenheit (Sarsinta, 2008) (DWI, 2020). Temperatur udara dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang biasanya di pergunakan untuk sehari-hari dan mengetahui temperatur di lingkungan kita. Untuk orang Indonesia kenyamanan termal pada bangunan yang dikondisikan yaitu (SNI 1993):

- a. Sejuk nyaman, yaitu suhu efektif antara 20,8°C – 22,8°C
- b. Nyaman optimal, yaitu suhu efektif antara 22,8°C – 25,8°C
- c. Hangat nyaman, yaitu suhu efektif antara 25,8°C – 27,1°C

Suhu efektif adalah indeks yang ditentukan secara ekperimental dari berbagai kombinasi suhu bola kering, kelembapan, kondisi radiasi (MRT) dan pergerakan udara yang menimbulkan sensasi termal yang sama. Suhu efektif dari ruang tertentu didefinisikan sebagai suhu bola kering dari lingkungan yang setara dengan suhu termo-ekuivalen pada 50% RH dan kondisi radiasi seragam tertentu. Kombinasi yang menimbulkan perasaan hangat atau dingin yang sama disebut kondisi termo-ekuivalen.

2. Temperatur Radiant

Temperatur radiant adalah panas yang berasal dari radiasi objek yang mengeluarkan panas, salah satunya yaitu radiasi matahari. Untuk ruang luar temperatur radiasi akan bersumber pada radiasi matahari dan pengukuran dilakukan dengan solarimeter.

3. Kelembaban Udara

Menurut Swarinoto dan Sugiyono 2011 kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara atau atmosfer(Siregar, 2018) . Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara yaitu radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian tempat, angin, kerapatan udara serta suhu (Talarosha, 2005) (Muharrommah & Indrawati, 2023).

4. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya.

5. Insulasi Pakaian

Faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah jenis pakaian yang digunakan. Pada penelitian Henry dan Nyuk (2004) mengenai ‘Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia’ disebutkan bahwa penghuni ruang dapat beradaptasi terhadap kondisi termal dengan menyesuaikan jenis pakaian dengan kondisi iklim yang ada. Kenyamanan termal akan ditentukan pada keseimbangan panas antara produksi panas internal dengan pelepasan panas badan.

Tabel 2. 1 Insulasi Pakaian

No	Deskripsi		Clo
1	Pakaian Dalam	Celana dalam pria	0.04
		Celana dalam	0.03
		Bra	0.01
		T-shirt	0.08
		Baju tidur panjang (long slip)	0.16
		Baju tidur pendek (half slip)	0.14
		Baju dalam panjang	0.20
		Celana dalam panjang	0.15
2.	Alas Kaki	Kau kaki atlet se-mata kaki	0.02

		Kaus kaki se-betis	0.03
		Kaus kaki selutut	0.06
		Stocking	0.02
		Sandal/sandal jepit	0.02
		Selop (berlapis)	0.03
		Sepatu bot	0.10
3	Baju dan Blus	Tanpa lengan, scoop neck blouse	0.12
		Lengan pendek	0.19
		Lengan panjang	0.25
		Lengan panjang, kain flannel	0.34
		Lengan pendek, baju olahraga rajutan	0.17
		Lengan pendek, sweatshirt	0.34
4	Celana dan Baju Kerja	Celana pendek (shorts)	0.06
		Celana pendek (walking shorts)	0.08
		Celana panjang (tipis)	0.15
		Celana panjang (tebal)	0.24
		Celana olahraga overalls	0.28
		Baju kerja	0.30
5	Setelan Jas dan Rompi	Berkancing sebaris (tipis)	0.36
		Berkancing sebaris (tebal)	0.44
		Berkancing double (tipis)	0.42
		Berkancing double (tebal)	0.48
		Rompi (tipis)	0.10
		Rompi (tebal)	0.17
6	Sweater	Tanpa lengan (tipis)	0.13
		Tanpa lengan (tebal)	0.22
		Lengan panjang (tipis)	0.25
		Lengan pendek (tebal)	0.36
7	Dress dan Rok	Rok (tipis)	0.14
		Rok (tebal)	0.23
		Dress lengan panjang (tipis)	0.33
		Dress lengan panjang (tebal)	0.47
		Dress lengan pendek (tipis)	0.29
		Tanpa lengan, kerah lebar (tipis)	0.23
		Tanpa lengan, kerah lebar (tebal)	0.27
8	Pakaian Tidur dan Jubah	Tanpa lengan, gaun pendek (tipis)	0.18
		Tanpa lengan, gaun panjang (tipis)	0.20
		Lengan pendek, pakaian rumah sakit	0.31
		Lengan panjang, gaun panjang (tebal)	0.46
		Piyama lengan panjang (tebal)	0.57
		Piyama lengan pendek (tipis)	0.42
		Jubah panjang, lengan panjang (tebal)	0.69
		Jubah pendek, lengan panjang (tebal)	0.48
		Jubah pendek, lengan pendek (tipis)	0.34

Sumber: ASHRAE (1989)

6. Aktivitas

Aktivitas yang dilakukan manusia akan meningkatkan metabolisme tubuh. Semakin tinggi intensitas aktivitas maka semakin tinggi pula peningkatan metabolisme tubuh yang terjadi. Sehingga panas yang dikeluarkan semakin besar. Menurut Moore (1993) produksi panas badan dihasilkan dari wujud sampingan proses metabolisme perubahan energi kimia dari makanan menjadi energi mekanik gerakan yang akan

terwujud dalam aktivitas tertentu. Semakin besar dan cepat metabolisme semakin besar produksi panas badan internal.

Tabel 2.2 Metabolisme rate berdasarkan aktivitas dalam ruang olahraga

Activity	Metabolic Rate		
	Units	W/m ²	(Btu/hft ²)
Resting			
Sleeping	0.7	40	13
Reclining	0.8	45	15
Seated, quiet	1	60	18
Standing, relaxed	1,2	70	22

Tabel 2.3 Aktivitas dan Nilai Metabolisme

No	Aktivitas	W/m ²	Rate Metabolisme
1	Duduk santai	58	1
2	Berdiri santai	70	1,2
3	Memperbaiki jam	65	1,1
4	Aktivitas sedentary (kantor, sekolah, hunian, laboratorium)	70	1,2
5.	Menyetir mobil	80	1,4
6	Berdiri, aktivitas ringan (belanja, laboratorium, industry ringan)	93	1,6
7	Mengajar	95	1.6
8	Pekerjaan rumah tangga antara lain mencuci	100	1,7
9	Berjalan dengan kecepatan 5km/jam	110	1,9
10	Berjalan dengan kecepatan	200	3,4

Sumber: ASHRAE 55 (2017)

C. Iklim

Iklim merupakan faktor alam yang sangat penting bagi arsitektur bangunan. Iklim ini sangat mempengaruhi pada desain yang akan direncanakan untuk memanfaatkan matahari dan iklim sebagai sumber energi. Faktor iklim meliputi radiasi dan cahaya matahari, suhu dan kelembaban udara, arah dan kecepatan angin serta kondisi langit. Kondisi termal yang akan terjadi disuatu bangunan akan ditentukan oleh kondisi iklim dan termal dari bangunan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2009), iklim terdiri dari unsur-unsur iklim seperti temperatur (suhu), curah hujan, angin, kelembaban dalam rentang waktu dari bulanan hingga jutaan tahun (Edelweis, 2020). Iklim sangat berkaitan dengan arsitektur dalam kenyamanan bangunan dan pengguna bangunan. Dalam hal ini iklim dapat dibagi menjadi empat kategori utama:

1) Iklim Dingin (sejuk)

Iklim ini ditandai oleh rendahnya panas dan radiasi matahari. Suhu udara rata-rata 15°C dibawah nol (-60° s/d 70°F) dan sering dibarengi dengan sejumlah besar hujan. Kelembaban relative tinggi selama musim dingin.

2) Iklim Moderat (sedang)

Iklim ini ditandai dengan variasi panas yang berlebihan dan dingin yang berlebihan pula. Suhu rata-rata pada musim dingin 15°C dibawah nol dan suhu terpanas sekitar 25°C.

3) Iklim Panas Lembab

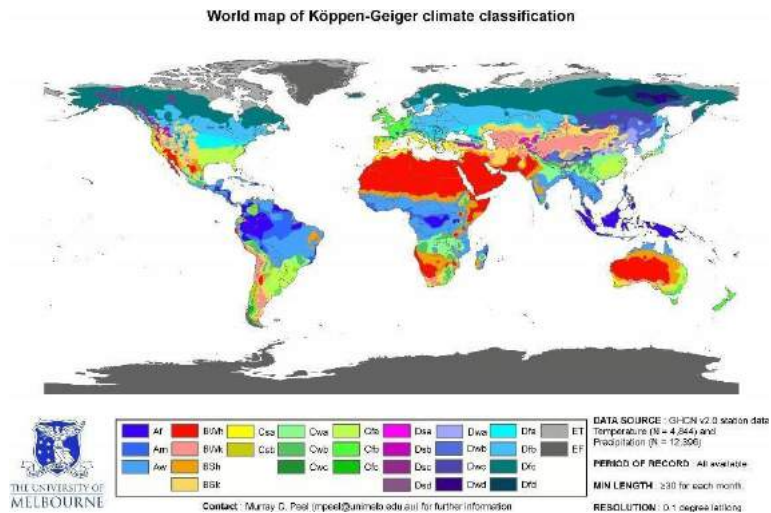
Ini ditandai variasi panas yang berlebihan serta banyak uap air. Suhu rata-rata diatas 20°C dengan kelembaban relative sekitar 80% - 90%.

4) Iklim Panas Kering

Iklim ini ditandai dengan panas yang berlebihan. Suhu udara rata-rata 25°C. suhu terpanas dapat mencapai 45°C sedangkan suhu terdingin mencapai 10°C disertai dengan kelembaban relatif yang sangat rendah.

Menurut Koenigsberger (1975:3) iklim tropis adalah iklim dimana panas merupakan masalah yang dominan yang pada hampir keseluruhan waktu dalam satu tahun bangunan “bertugas” mendinginkan pemakai, dari pada menghangatkan dan suhu rata-rata pertahun tidak kurang dari 20°C (UTAMA, n.d.).

Menurut Lippsmiere (1980) iklim tropis Indonesia mempunyai kelembaban relatif (RH) yang sangat tinggi (kadang-kadang mencapai 90%), curah hujan yang cukup banyak, dan rata-rata suhu tahunan umumnya berkisar 23°C dan dapat naik sampai 38°C pada musim “panas” (Handoko et al., 2021). Pada iklim ini terjadi sedikit sekali perubahan “musim” dalam satu tahun, satu-satunya tanda terjadi pergantian musim adalah banyak atau sedikitnya hujan, dan terjadinya angin besar.



Gambar 2.1 Peta Klarifikasi Iklim Koppen

Menurut Koppen (1923) permukaan bumi menjadi lima golongan iklim sebagai berikut:

1) Iklim hujan tropika (Tropical Rainy Climates)

Iklim ini diberi symbol A daerah yang termasuk iklim ini adalah daerah yang mempunyai temperatur bulan terdingin lebih besar daripada 18°C (64°F).

2) Iklim kering (Dry Climate)

Golongan iklim ini diberi symbol B menjadi dua tipe iklim yaitu iklim steppe dan iklim padang pasir.

3) Iklim sedang (Humid Mesothermal Climates)

Untuk golongan ini rata-rata bulan terdingin temperturnya lebih besar daripada -3°C tetapi lebih kecil daripada 18°C dan rata-rata temperturnya bulan terpanas lebih dari 10°C (50°F).

4) Iklim Dingin

Iklim dingin yang memiliki simbol dengan huruf D. Ciri-ciri utamanya yakni memiliki suhu rata-rata di bulan-bulan terdingin kurang dari -3 derajat celcius.

5) Iklim Kutub (Polar Climates)

Ciri-ciri golongan iklim ini adalah rata-rata temperturnya bulan terpanas kurang dari 10°C (50°F) (Koppen, 1923).

D. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acua sehingga dapat memperbanyak wawasan dan teori dalam melakukan penelitian. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

No	Nama Peneliti	Topik Penelitian	Hasil Penelitian
1	Hermawan, Eddy Prianto, Emi Setyowanti	Prediksi Kenyamanan Termal dengan PMV di SMK 1 Wonosobo	Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa software kenyamanan termal yang didasarkan pada teori PMV untuk SMKN 1 Wonosobo yang terletak di daerah tropis kurang sesuai denan hasil keterterimaan kenyamanan termal yang didapat dari survey secara langsung di lapangan (field study)
2	Humairoh Razak, Dedes Nur Gandarum, Jimmy Siswanto Juwana	Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMP di Jakarta Selatan	Pada variable jarak antar bukaan, pada kondisi pagi dan menjelang siang hari saling mendukung, yakni apabila jarak bertambah maka temperatur efektif akan bertambah pula, begitu pula sebaliknya. Sehingga rancangan ventilasi yang paling baik adalah apabila jarak antar bukaan tidak terlalu jauh.
3	Artik Sarinda, Sudarti, Subiki	Analisis Perubahan Suhu Ruang Terhadap Kenyamanan Termal di Gedung 3 FKIP Universitas Jember	Berdasarkan hasil dan pembahasan, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa suhu ruang berubah setiap waktu. Hasil pengukuran suhu rata-rata ruang yang tertinggi yaitu (28,445°C) dan suhu rata-rata terendah adalah (27,8°C).
4	Arienna, Sidharta Adyatma, Deasy Arisanty	Kenyamanan Termal Ruang Kelas di Sekolah Tingkat SMA Banjarnasin Timur	Tanggapan siswa terhadap kondisi kenyamanan termal berdasarkan aspek psikologis jam pelajaran ke 1-4 merasa nyaman

			sedangkan jam pelajaran ke 5-6 berkisar sangat hangat sampai panas. ada tingkat hubungan tinggi antara indeks kenyamanan termal dengan tanggapan siswa karena pengaruh lingkungan fisik di lingkungan sekitar sekolah seperti temperatur udara, kelembaban dan kecepatan angin.
5	Muhammad Tayeb, Ramli Rahim, Baharuddin	Pengaruh Luasan Bukaannya terhadap Kenyamanan Termal Ruang Kelas Siswa Pada Bangunan SD Negeri Sudirman 1 Kota Makassar	Secara umum dari pergerakan suhu udara di atas pada ruang kelas IV-A, V-B, VI-A, VI-B dan V-A, lebih stabil dibandingkan dengan suhu di kelas IV-B. Dengan berjalannya waktu suhu udara di dalam ruang kelas semakin siang maka suhu udara didalam ruangan semakin naik.

E. Kerangka Konsep

