



URGENSI KENYAMANAN TERMAL DALAM PERSPEKTIF PEMBELAJARAN

Muhammad Muhaimin^{1*}, Jumriani², Eva Alviawati¹, Parida Angriani¹

¹Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

²Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

*Email Koresponden: muhammad.muhamin@ulm.ac.id

Diterima: 25-08-2022, Revisi: 20-05-2023, Disetujui: 11-06-2023

©2023 Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi

Abstrak Ketidaknyamanan di ruangan kelas dapat mengakibatkan penurunan produktivitas kegiatan belajar. Kenyamanan ruangan kelas dapat berpengaruh terhadap konsentrasi dan produktivitas siswa serta guru. Pembelajaran yang kurang memberdayakan lingkungan fisik, baik di kelas dan di lingkungan luar kelas dapat berdampak pada kualitas hasil belajar peserta didik. Oleh karena itu, kondisi termal yang tidak nyaman dapat menyebabkan kelelahan dan hambatan dalam berpikir. Artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi aspek kenyamanan termal dalam pembelajaran di sekolah. Penelitian dilakukan menggunakan metode studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenyamanan termal merupakan satu aspek penting untuk diperhatikan pada pembelajaran. Sebagaimana sarana pendidikan merupakan penunjang bagi berlangsungnya proses belajar mengajar. Terdapat tiga aspek yang perlu diperhatikan untuk menentukan kualitas kenyamanan termal suatu ruang kelas. Pertama, kenyamanan termal aspek fisik merupakan perpaduan dari suhu, kelembaban udara, kecepatan aliran udara, suhu radiasi dengan panas yang dihasilkan oleh metabolisme tubuh. Kedua, kenyamanan termal aspek fisiologis tergantung pada temperatur badan manusia ke temperatur kulit serta tingkat berkeringat badan. Ketiga, Kenyamanan termal aspek psikologis merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya. Beberapa aspek dalam kenyamanan termal tersebut merupakan faktor yang harus diperhatikan oleh sebuah lembaga pendidikan karena mempengaruhi kelangsungan proses belajar mengajar di sekolah.

Kata kunci: kenyamanan termal, pembelajaran, sekolah

Abstract Discomfort in the classroom can result in a decrease in productivity learning activities. The comfort of the classroom can affect the concentration and productivity of students and teachers. Learning that does not empower the physical environment, both in the classroom and outside the classroom environment, can impact the quality of student learning outcomes. Therefore, uncomfortable thermal conditions can cause fatigue and obstacles in thinking. This article aims to identify aspects of thermal comfort in learning at school. The research was conducted using the method of literature study. The study results show that thermal comfort is an essential aspect of learning as educational facilities support the ongoing teaching and learning process. Three aspects need to be considered to determine the quality of the thermal comfort of a classroom. First, the physical aspect of thermal comfort combines temperature, air humidity, airflow velocity, radiation temperature and heat generated by the body's metabolism. Second, the physiological aspect of thermal comfort depends on the temperature of the human body, the temperature of the skin and the level of body sweating. Third, the psychological aspect of thermal comfort is a state of mind expressing a person's satisfaction level with his thermal environment. An educational institution must consider several aspects of thermal comfort because they affect the continuity of schools' teaching and learning process.

Keywords: Thermal Comfort, Learning, School

PENDAHULUAN

Sekolah merupakan institusi pendidikan formal yang memiliki fungsi sebagai sarana untuk menyiapkan generasi yang memiliki pengetahuan, sikap dan keterampilan. Selain menyiapkan sistem pembelajaran yang sesuai, lembaga pendidikan, dalam hal ini sekolah perlu menyediakan fasilitas ruang pembelajaran yang kondusif, nyaman, aman, dan menyenangkan. Aspek-aspek ruang dan segala perlengkapan perlu dirancang secara tepat bukan sekedar fungsi melainkan perlu mempertimbangkan

aspek-aspek lain seperti kenyamanan, fleksibilitas, pemanfaatan teknologi komunikasi, yang diperlukan guna meningkatkan efektivitas pembelajaran. Atas dasar hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa kualitas bangunan sekolah berkontribusi untuk menentukan ketercapaian proses pembelajaran. Sebagaimana sebagian besar kegiatan belajar mengajar dilakukan di dalam bangunan sekolah.

Pentingnya kualitas ruang pembelajaran juga berpengaruh terhadap proses pembelajaran oleh guru. Seorang guru profesional harus menciptakan pembelajaran yang kondusif, inspiratif dan menyenangkan, sehingga guru profesional dituntut mempunyai keterampilan menata dan melaksanakan pembelajaran di dalam kelas dan di luar kelas. Pelaksanaan pembelajaran yang kurang memberdayakan lingkungan fisik ruang belajar, lingkungan belajar siswa di sekolah, baik di kelas dan di lingkungan luar kelas yang kurang ditata dapat berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Kenyamanan ruangan kelas dapat berpengaruh terhadap konsentrasi dan produktivitas siswa serta guru dalam kegiatan pembelajaran. Satu diantaranya faktor yang mempengaruhi kenyamanan adalah suhu di dalam ruangan apakah lembab atau panas, sehingga harus diminimalisir dengan pengkondisian udara agar situasi di dalam kelas terasa nyaman untuk melakukan kegiatan pembelajaran (Wati, 2007).

Interaksi anatara guru dan peserta didik berlangsung di dalam satu ruang pembelajaran, baik di dalam kelas ataupun di luar kelas. Oleh karena itu perlu dirancang sedemikian rupa sehingga tidak sekadar memenuhi fungsi, namun mampu memberikan perlindungan, kenyamanan, keamanan dan rasa senang bagi penghuninya. Perancangan suatu ruang pembelajaran tidak hanya menyusun berbagai sarana yang tersedia, melainkan merupakan hasil kreasi dari bentuk sampai dengan perlengkapan ruang yang diciptakan dan disesuaikan dengan fungsi, bentuk dan elemen lain dari ruang yang dirancang. Desain ruang pembelajaran memiliki ketergantungan terhadap jenis dan karakteristik sekolah. Ruang pembelajaran hendaknya disesuaikan situasinya dengan jenis atau bidang studinya dan hendaknya dapat diubah dan diatur ulang setiap saat secara mudah dan cepat sesuai kebutuhan, terutama pergantian susunan meja kursi. Sebagaimana prinsip umum yang dapat diberlakukan dalam penataan ruang kelas berupa kesatuan, keseimbangan, proporsi dan kontras.

Ruang pembelajaran harus fleksibel sehingga dapat mewadahi berbagai aktivitas belajar mengajar yang semestinya berlangsung di dalamnya. Sener (dalam Suwarlan, 2021) menyebutkan ada tiga faktor yang menyebabkan ruang pembelajaran harus mengalami perubahan, yaitu pesatnya kemajuan teknologi di dunia industri, perubahan sikap siswa dan perkembangan signifikan dalam pendidikan baik menyangkut jumlah siswa maupun pergantian kurikulum. Sehingga untuk mengantisipasi perubahan tersebut ruang pembelajaran harus adaptif.

Untuk mendukung upaya peningkatan kualitas sarana prasarana pendidikan, khususnya di ruang pembelajaran maka perlu dilakukan kajian terhadap kondisi ruang pembelajaran. Kajian ini untuk melihat apakah kondisi ruang yang telah ada sudah ideal sebagai wadah aktivitas belajar mengajar, sehingga proses pembelajaran bisa berlangsung optimal. Kajian ini dikenal dengan sebutan kenyamanan termal. Kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Kenyamanan termal melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis.

Penelitian terkait kenyamanan termal telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Satu diantaranya yaitu Yeny & Hidayat (2019) dengan judul Penggunaan Ventilasi Alami Terhadap Kenyamanan Termal Ruang Kelas (Studi Kasus: SDN Pondok Jagung 1 Tangerang Selatan). Hasil penelitian disekripsikan bahwa satu hal pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam mendukung proses belajar mengajar adalah lingkungan belajar, tempat terjadinya proses belajar mengajar, dimana salah satu variabel yang menjadi pertimbangan adalah kondisi iklim di dalam ruangan kelas. Oleh karena itu, dalam hal ini kenyamanan termal penting untuk diperhatikan. Kenyamanan termal dapat mempengaruhi kinerja penghuni bangunan.

Berbeda dengan penelitian tersebut yang terfokus pada pengukuran kenyamanan termal pada suatu ruangan. Adapun pada artikel ini akan mengidentifikasi konteks kenyamanan termal dalam perspektif pembelajaran. Kenyamanan termal suatu ruangan dapat disebabkan oleh faktor lingkungan maupun faktor internal yang disebabkan oleh pengguna itu sendiri. Sebagaimana pada proses pembelajaran standar kenyamanan termal yang dikeluarkan ASHRAE (2009) bahwa tingkat kenyamanan dapat dipengaruhi oleh suhu udara ruangan, kelembaban ruangan, pakaian, metabolisme, suhu radiasi dan kecepatan angin dalam ruangan. Oleh karena itu penting pengetahuan tentang

kenyamanan termal agar tercipta suasana belajar mengajar yang lebih baik dipandang dari segi kenyamanan udara. Penelitian ini bertujuan untuk menguraikan secara teoritis aspek kenyamanan termal dalam pembelajaran di sekolah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai studi pustaka dan literatur. Studi Literatur dilakukan dengan mengumpulkan data atau sumber yang sesuai dengan topik yang telah ditentukan melalui jurnal, buku, dan pustaka lainnya (Snyder, 2019). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder sebagai sumber referensi dan laporan dari badan penelitian yang akurat serta relevan dengan konsep kenyamanan termal, lembaga pendidikan, sekolah dan kegiatan pembelajaran. Data dan informasi yang didapatkan, selanjutnya disusun berdasarkan tujuan penulisan hingga dapat dipertanggungjawabkan. Analisis data dalam artikel terdiri dari dua tahap yaitu proses reduksi data dan penyajian data. Reduksi data dilakukan untuk mempermudah penulis memilih data dari berbagai sumber. Sedangkan penyajian data dilakukan dalam bentuk narasi. Hasil pembahasan serta simpulan pada artikel ini merupakan analisis dari berbagai sumber ilmiah yang relevan untuk membahas urgensi kenyamanan termal dalam perspektif pembelajaran.

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Aspek Kenyamanan Termal

Kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif seseorang terhadap lingkungannya. Kenyamanan tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal. Manusia menilai kondisi lingkungan berdasarkan rangsangan yang masuk ke dalam dirinya melalui panca indera dan direspon otak untuk dinilai. Suara, cahaya, bau, suhu dan rangsangan lainnya ditangkap sekaligus oleh otak lalu direspon dan diberikan penilaian relatif apakah kondisi lingkungan nyaman atau tidak (Susanti & Aulia, 2013); Parson, 2014). Kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Kenyamanan termal melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis (ASHRAE, 2009). Kenyamanan termal aspek fisik merupakan perpaduan dari suhu, kelembaban udara, kecepatan aliran udara, suhu radiasi dengan panas yang dihasilkan oleh metabolisme tubuh (Nasrudin & Maryadi, 2019). Kenyamanan termal aspek fisiologis tergantung pada temperatur badan manusia ke temperatur kulit serta tingkat berkeringat badan, sedang kenyamanan termal aspek psikologis merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya (Höppe, 2002).

Metode pengukuran yang digunakan untuk menentukan kenyamanan termal adalah indeks termal *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) dan telah menjadi standar baku pengukuran kenyamanan termal pada ASHRAE 55-2005 dan ISO 7730. Kenyamanan termal mempunyai tiga pemaknaan: 1) pendekatan *Thermophysiological*, menganggap bahwa nyaman dan tidaknya lingkungan termal akan tergantung pada menyala dan matinya signal saraf reseptor termal yang terdapat di kulit dan otak; 2) pendekatan *heat balance* (keseimbangan panas), menganggap bahwa nyaman termal dicapai bila aliran panas ke dan dari badan manusia seimbang dan temperatur kulit serta tingkat berkeringat badan ada dalam kisaran nyaman; dan 3) pendekatan psikologis, menganggap kenyamanan termal adalah kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya (Höppe, 2002).

Berdasarkan tiga pemaknaan tersebut, pemaknaan berdasarkan pada pendekatan psikologis lebih banyak digunakan oleh para pakar. *American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer* (ASHRAE) memberikan definisi kenyamanan termal sebagai kondisi pikir yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya. Kenyamanan termal sebagai kondisi pikir yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya, berarti kenyamanan termal akan melibatkan tiga aspek yang meliputi fisik, fisiologis dan psikologis (ASHRAE, 2009) yang dapat diuraikan sebagai berikut: 1) Kenyamanan termal aspek fisik merupakan perpaduan dari suhu, kelembaban udara, kecepatan aliran udara, suhu radiasi dengan panas yang dihasilkan oleh metabolisme tubuh (Haris & Syafrudie, 2016); 2) Kenyamanan termal aspek fisiologis tergantung pada temperatur badan manusia ke temperatur kulit serta tingkat berkeringat badan (Hwang, Lin & Kuo, 2006); dan 3)

Kenyamanan termal aspek psikologis merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya (Höppe, 2002).

Secara spesifik variabel yang menentukan kenyamanan termal berdasarkan teori persamaan Fanger dan persamaan Gagge (Wong & Khoo, 2003) diuraikan sebagai berikut:

1) Variabel Personal, terdiri dari *Rate Metabolisme* dan *Rate Insulasi*.

Pada *Rate Metabolisme* produksi energi dalam tubuh berlangsung terus menerus melalui proses metabolisme yang mengoksidasi makanan menjadi energi. Energi sebagian dikonversi menjadi kerja mekanik eksternal dan sisanya dilepaskan sebagai panas tubuh internal. Keluaran panas spesifik tubuh manusia disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Keluaran Panas Spesifik Tubuh Manusia

Jenis Aktivitas		W/m ²	Met
Beristirahat	Tidur	40	0,7
	Berbaring	45	0,8
	Duduk	60	1
	Berdiri	70	1,2
Berjalan	0,89 M/S	115	2
	1,34 M/S	150	2,6
	1,79 M/S	220	3,8
Aktifitas Kantor	Membaca, Duduk	55	1
	Menulis	60	1
	Mengetik	65	1,1
	Mengajukan, Duduk	70	1,2
	Mengajukan, Berdiri	80	1,4
	Berjalan Sekitar	100	1,7
	Mengangkat/ Mengemas	120	2,1

Sumber: ASHRAE, 2009.

Panas yang dihasilkan dipindahkan dari inti tubuh yang hangat ke permukaan tubuh dan sebagian secara konduksi melalui jaringan otot serta sebagian lagi oleh aliran darah ke kulit. Seseorang yang duduk pada temperatur 20°C, 78% dari panas ditransmisikan sebagai panas sensibel dan 22% sebagai panas laten. Perbandingan untuk yang bekerja berat antara panas sensibel dan laten adalah sebesar 43:57. Satuan bagi keluaran panas metabolisme biasa dinyatakan dengan *met*, dimana 1 *met* = 58 W/m². Area yang bersesuaian adalah area permukaan tubuh adalah sekitar 2 m² bagi pria dewasa (ASHRAE, 2009; Parsons, 2003).

Selanjutnya pada *Rate Insulasi*, kenyamanan termal sangat dipengaruhi oleh efek insulasi pakaian yang dikenakan. Pakaian mengurangi pelepasan panas tubuh. Pakaian diklasifikasikan berdasarkan pada nilai insulasinya. Satuan yang sering digunakan untuk pengukuran insulasi pakaian adalah *Clo*. Batas nyaman untuk pakaian adalah $n \leq 0,5 Clo$. Total nilai *Clo* dapat dihitung dengan menjumlahkan nilai *Clo* untuk setiap jenis pakaian (Susanti, 2013). Nilai insulasi pakaian disajikan pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Insulasi Panas (Iclu) untuk Setiap Jenis Pakaian

Jenis Pakaian	(Iclu)	Jenis Pakaian	(Iclu)
Baju		Kemeja/Blus	
Singlet	0.04	Lengan pendek	0.17
Kaos	0.09	Normal, lengan panjang	0.25
Gaun/Rok/Celana		Blus tipis, lengan panjang	0.15
Rok tipis (musim panas) / Celana Panjang	0.15	Lain-Lain	
Gaun tebal (musim dingin)	0.25	Kaos kaki	0.02
Gaun tipis, lengan pendek	0.20	Kaos kaki tebal sepanjang	0.05
Gaun musim dingin, lengan panjang	0.40	Kaos kaki tebal panjang	0.10

Boiler suit	0.55	Stocking nylon	0.03
Pendek	0.06	Sepatu (bersol tipis)	0.02
Tebal	0.20	Sepatu (bersol tebal)	0.04
Normal	0.25	Sepatu bot	0.10
Planel	0.28	Sarung tangan	0.05
		Sell/ kerudung	0.03

Sumber: Ken Parson, 2014.

2) Variabel Iklim Ruang, terdiri dari Suhu Udara, Suhu Radiasi, Kelembaban dan Pergerakan Udara atau Kecepatan Angin.

a) Suhu Udara

Suhu udara adalah ukuran energi kinetik rata-rata dari pergerakan molekul-molekul. Suhu suatu benda adalah keadaan yang menentukan kemampuan benda memindahkan (*transfer*) panas ke benda-benda lain atau menerima panas dari benda-benda lain. Benda yang kehilangan panas dikatakan benda yang bersuhu lebih tinggi (Yunita, Hamzah, & Mulyadi, 2018). Suhu merupakan karakteristik yang dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Panas yang dialirkan pada suatu benda, maka suhu benda yang mengalirkan panas tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas, tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu bukan merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima (Wibawa & Nurazizah, 2020).

Suhu udara akan berfluktuasi setiap 24 jam. Fluktuasi suhu udara (dan suhu tanah) berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Radiasi matahari pada siang hari sebagian akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel-partikel padat yang melayang di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat cahaya jatuh tegak lurus, yaitu pada waktu tengah hari (Wibawa & Nurazizah, 2020).

Adapun standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung yang diterbitkan oleh Yayasan Lembaga Pengkajian Masalah Budaya Pekerjaan Umum (LPMB-PU) membagi suhu nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Suhu Nyaman Menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung

Kategori	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
Sejuk Nyaman	20,5°C-22,8°C	50%
Ambang Atas	24°C	80%
Nyaman Optimal	22,8°C-25,8°C	70%
Ambang Atas	28°C	
Hangat Nyaman	25,8°C-27,1°C	60%
Ambang Atas	31°C	

Sumber: ASHRAE, 2009.

Batas kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah 19°C TE (batas bawah) hingga 26°C TE (batas atas). Manusia pada TE sebesar 26°C umumnya sudah mulai berkeringat. Daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun pada temperatur 26°C TE hingga 30°C TE. Kondisi lingkungan yang sukar mulai dirasakan pada suhu 33,5°C TE hingga 35,5°C TE dan pada suhu 35°C TE hingga 36°C TE kondisi lingkungan tidak dapat ditolerir lagi. Produktifitas manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti terlalu dingin atau terlalu panas. Produktifitas kerja manusia meningkat pada kondisi suhu (termis) yang nyaman (Lippsmeier, 1994). Kenyamanan termal bangunan disajikan pada Tabel 4.

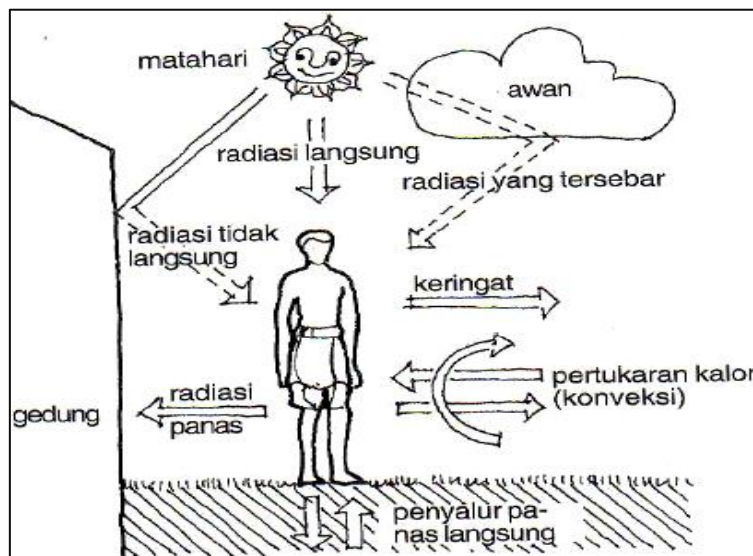
Tabel 4. Kenyamanan Termal Bangunan

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Nyaman
ASHRAE	Usa Selatan (30°LU)	Peneliti	20,5°c - 24,5°c Te
Rao	Calcutta (22°LU)	India	20,5°c - 24,5°c Te
Webb	Singapura	Malaysia	25°c - 27°c Te
	Khatulistiwa	Cina	
Mom	Jakarta (6° LS)	Indonesia	20°c - 26°c Te
Ellis	Singapura	Eropa	22°c - 26°c Te
	Khatulistiwa		

Sumber: ASHRAE, 2009.

b) Suhu Radiasi

Suhu radiasi adalah perpindahan panas berdasar gelombang-gelombang elektromagnetik. Tubuh manusia akan mendapat panas pancaran dari setiap permukaan yang suhunya lebih tinggi dan akan kehilangan panas atau memancarkan panas ke setiap objek atau permukaan yang lebih dingin dari diri sendiri. Panas pancaran yang diperoleh atau hilang tidak dipengaruhi oleh gerakan udara dan tidak oleh suhu udara antara permukaan-permukaan atau objek-objek yang memancar (Istiningrum, D. T., leidy Arumintia, R., Mukhlisin, M., & Rochadi, M. T. (2017). Pertukaran kalor manusia terhadap lingkungan sekitarnya disajikan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pertukaran kalor manusia terhadap lingkungan sekitarnya

Terdapat empat cara pertukaran kalor pada tubuh manusia yaitu: 1) Penyaluran panas secara langsung lewat telapak kaki (walaupun luas telapak kaki lebih kecil dari luas bagian tubuh lainnya, tetapi penting bagi kenyamanan; 2) Perpindahan kalor (konveksi) 25-30% ke udara sekeliling tubuh; 3) Radiasi panas pada udara keliling yang lebih sejuk 40-60%; 4) Penguapan keringat dan pernapasan 25-30%.

Jumlah keseluruhan perpindahan panas yang dihasilkan oleh masing-masing cara hampir seluruhnya ditentukan oleh kondisi lingkungan yang ada. Contoh, udara yang jenuh tidak dapat menerima kelembaban dari tubuh, jadi perpindahan panas tidak dapat terjadi melalui penguapan (Frick, 2008).

c) Kelembaban

Kelembaban udara adalah kandungan uap air dalam udara. Kelembaban udara menjadi penting saat suhu udara mendekati atau melampaui ambang batas daerah kenyamanan termal dan kelembaban udara mencapai lebih dari 70% atau kurang dari 40% (Gunawan, & Ananda, 2017). Kelembaban udara yang tinggi mengakibatkan sulit terjadinya penguapan di permukaan kulit sehingga mekanisme pelepasan panas dapat terganggu. Kelembaban yang tinggi dapat

menyebabkan terjadinya ketidaknyamanan termal sehingga harus diimbangi dengan kecepatan angin yang cukup dan terus-menerus (Sumanta, 2021).

d) Pergerakan Udara atau Kecepatan Angin.

Pergerakan udara melalui tubuh dapat mempengaruhi aliran panas ke dan dari suhu tubuh. Pergerakan udara akan bervariasi setiap waktu, ruang dan arah. Respon manusia terhadap ketidaknyamanan karena aliran udara menunjukkan pentingnya variasi kecepatan udara. Pergerakan udara (kombinasi dengan suhu udara) akan mempengaruhi peningkatan suhu udara hangat dan keringat yang diupkan dari tubuh, sehingga mempengaruhi suhu tubuh. Aliran udara yang melewati seseorang dapat membantu mendinginkan tubuh orang apabila angin lebih dingin dari lingkungan sekitarnya. Kecepatan aliran udara faktor yang sangat penting dalam kenyamanan suhu karena manusia sensitif terhadap aliran udara. Udara dalam ruangan tertutup yang tidak bergerak dan panas menyebabkan seseorang merasa kaku dan berkeringat. Menggerakkan udara melalui pendingin mekanik dapat meningkatkan *heat loss* (pengeluaran panas) melalui konveksi tanpa merubah temperatur udara keseluruhan (Parson, 2014). Angin adalah udara yang bergerak karena adanya gaya yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan dan perbedaan suhu. Angin di daerah iklim tropis/lembab cenderung minim berhembus dan lebih kuat berhembus di siang hari atau pada musim pancaroba. Kenyamanan di daerah tropis lembab akan dapat dicapai dengan bantuan aliran udara yang cukup pada tubuh manusia (Khikmah, 2020).

Pergerakan udara adalah aspek yang penting untuk kenyamanan termal, terlebih di daerah panas, seperti di daerah tropis. Daerah dengan suhu udara yang dingin, aliran udara tidak terlalu berpengaruh karena jendela-jendela ditutup untuk mencegah masuknya angin yang dingin. Pergerakan udara atau angin yang melewati permukaan kulit mempercepat pelepasan panas secara konveksi. Aliran udara mengenai permukaan kulit yang basah dapat mengakibatkan terjadinya pelepasan panas yang lebih besar (Parson, 2014). Ketidaknyamanan termal dapat disebabkan oleh: 1) Aliran udara dengan kecepatan lebih dari 0,15 m/s pada temperatur udara 20°C (atau lebih dari 0,1 m/s apabila berada pada punggung leher); 2) Radiasi termal yang asimetris (depan ke belakang atau kepala ke kaki); dan 3) Perbedaan temperatur udara vertical.

Indeks PMV dan PPD digunakan untuk menyatakan kenyamanan dengan suatu angka yang sederhana. Indeks tersebut digunakan untuk mendesain dan menilai kinerja dari sistem tata udara. Terdapat beberapa pengertian kenyamanan termal, yaitu: 1) Temperatur udara sering digunakan, tetapi merupakan pengukuran yang lemah ketika digunakan dalam insulasi; 2) Standar ISO 7730: a) Standar ISO 7730 kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi batin yang mengungkapkan kepuasan termal dengan lingkungan termalnya; b) Standar ISO 7730 merepresentasikan suatu metode bagi penentuan sensasi termal dan derajat ketidaknyamanan (ketidakpuasan termal) manusia yang dihadapkan pada lingkungan termal rata-rata; c) Standar ISO 7730 menyatakan kondisi lingkungan yang dapat diterima bagi kenyamanan; d) Standar ISO 7730 berlaku pada lingkungan dalam ruang dimana tujuan penerapannya adalah guna mencapai kenyamanan termal, atau pada lingkungan dalam ruang dimana deviasi normal dari kenyamanan terjadi. Standar ISO 7730 merekomendasikan bahwa temperatur operatif seharusnya berada pada rentang 20 sampai 24°C (22°C +/- 2°C) bagi aktivitas ringan dan diam selama kondisi musim dingin (periode penghangatan) dan temperatur operatif seharusnya berada pada rentang 23 sampai 26°C (yakni 24,5 °C +/- 1,5°C) bagi kondisi musim panas.

Keterkaitan Kenyamanan Termal dalam Pembelajaran

Manusia umumnya menginginkan kondisi yang nyaman, khususnya nyaman secara termal. Hal ini juga berlaku untuk ruangan kelas di sekolah, karena kenyamanan termal dapat mempengaruhi kinerja siswa di dalam kelas (Nugraha & Fitria, 2019). Hal ini disebabkan kondisi panas yang berlebih dapat mengakibatkan rasa letih, kantuk, dan meningkatkan jumlah angka kesalahan kerja (Fatmawati, Mappincara & Habibah, 2019). Oleh karena itu, kenyamanan termal di dalam ruangan kelas sangat penting untuk diperhatikan. Aktivitas utama yang dilakukan di dalam ruangan kelas adalah belajar. Menurut Marsidi & Kusmindari (dalam Fatmawati, Mappincara & Habibah, 2019) satu pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam mendukung proses belajar mengajar adalah lingkungan belajar, tempat

terjadinya proses belajar mengajar, dimana salah satu variabel yang menjadi pertimbangan adalah kondisi iklim di dalam ruangan kelas. Kenyamanan termal didefinisikan sebagai suatu kondisi tertentu yang dapat memberikan sensasi yang menyenangkan bagi pengguna bangunan. Manusia dikatakan nyaman secara termal ketika ia tidak dapat menyatakan apakah ia menghendaki perubahan suhu yang lebih panas atau lebih dingin dalam suatu ruangan. Kenyamanan termal sebagai perasaan dalam pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya.

Proses belajar mengajar yang berlangsung kondusif dan menyenangkan tidak hanya dipengaruhi oleh keahlian guru dalam proses menyampaikan informasi tetapi juga keahlian dalam menata lingkungan fisik agar proses belajar mengajar berlangsung dengan baik, salah satunya berupa kenyamanan termal yang dapat mempengaruhi konsentrasi peserta didik dalam menerima informasi yang diberikan. Standar Nasional Indonesia SNI 03-6572-2001, menyebutkan bahwa kenyamanan suhu untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi : Sejuk, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$ dan RH 40 % – 60 %. Nyaman, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ dan RH 40 % – 60 %. Hangat, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$ dan RH 40 % – 60 %.

Seorang guru profesional harus menciptakan pembelajaran yang kondusif, inspiratif dan menyenangkan, sehingga guru profesional dituntut mempunyai keterampilan menata dan melaksanakan pembelajaran di dalam kelas dan di luar kelas. Pelaksanaan pembelajaran yang kurang memberdayakan lingkungan fisik ruang belajar, lingkungan belajar siswa di sekolah, baik di kelas dan di lingkungan luar kelas yang kurang ditata dapat berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Kenyamanan ruangan kelas dapat berpengaruh terhadap konsentrasi dan produktivitas siswa serta guru dalam kegiatan pembelajaran. Salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan adalah suhu di dalam ruangan apakah lembab atau panas, sehingga harus diminimalisir dengan pengkondisian udara agar situasi di dalam kelas terasa nyaman untuk melakukan kegiatan pembelajaran (Wati, 2013).

Untuk menyelenggarakan aktivitasnya di dalam ruang agar terlaksana secara baik, manusia memerlukan kondisi fisik tertentu di sekitarnya yang dianggap nyaman. Persyaratan kondisi fisik yang nyaman adalah suhu nyaman, yaitu suatu kondisi termal udara di dalam ruang yang tidak mengganggu tubuhnya. Suhu ruang yang terlalu rendah akan mengakibatkan kedinginan atau menggigil, sehingga kemampuan beraktivitas menurun. Sementara itu, suhu ruang yang tinggi akan mengakibatkan kepanasan dan tubuh berkeringat, sehingga mengganggu aktivitas juga. Dapat dikatakan kondisi kerja akan menurun atau tidak maksimum pada kondisi udara yang tidak nyaman.

Sebagai upaya menciptakan suasana kondisi yang dapat menumbuhkan minat, semangat dan motivasi siswa dalam mengikuti pembelajaran dalam pembelajaran yang efektif diperlukan pengorganisasian atau pengelolaan yang memadai, termasuk dalam pengelolaan kelas (Nugraha & Fitria, 2019). Pengelolaan kenyamanan termal ruangan menjadi penting karena kelas merupakan lingkungan belajar utama yang dapat diciptakan berdasarkan kesadaran kolektif dari suatu komunitas siswa yang relatif memiliki tujuan yang sama. Kesamaan tujuan merupakan kekuatan potensial pengelolaan kelas dan aktualitasnya adalah proses pembelajaran yang akseptabel (Wati, 2007). Dengan demikian, pengelolaan kelas menjadi sarana untuk menyiapkan kondisi bagi pembelajaran yang efektif. Kenyamanan termal mencakup pada pengaturan orang (siswa) dan fasilitas yang meliputi, ventilasi, pencahayaan sampai dengan perencanaan program pembelajaran yang tepat. Pengelolaan kelas atau organisasi kelas meliputi berbagai komponen, yakni guru, siswa, dan lingkungan fisik. Ketiga aspek tersebut saling berinteraksi untuk menciptakan aktivitas pembelajaran di kelas yang kondusif dan aman (Nugraha & Fitria, 2019).

Pengukuran kenyamanan termal menjadi penting karena kelas merupakan lingkungan belajar utama yang dapat diciptakan berdasarkan kesadaran kolektif dari suatu komunitas siswa yang relatif memiliki tujuan yang sama. Kesamaan tujuan merupakan kekuatan potensial pengelolaan kelas dan aktualisasinya adalah proses pembelajaran (Susanti & Aulia, 2013). Dengan demikian, pengukuran kenyamanan termal menjadi salah satu sara yang menyiapkan kondisi bagi pembelajaran yang efektif. Pengelolaan kelas mencakup pada pengaturan orang (siswa) dan fasilitas yang meliputi, ventilasi, pencahayaan sampai dengan perencanaan program pembelajaran yang tepat. Pengelolaan kelas atau organisasi kelas meliputi berbagai komponen, yakni guru, siswa, dan lingkungan fisik. Ketiga aspek tersebut saling berinteraksi untuk menciptakan aktivitas pembelajaran di kelas yang kondusif dan aman.

SIMPULAN

Kenyamanan ruangan kelas dapat berpengaruh terhadap konsentrasi dan produktivitas siswa serta guru dalam kegiatan pembelajaran. Kondisi termal ruangan dipengaruhi iklim di luar ruangan diantaranya temperatur, kelembaban, curah hujan, kecepatan angin dan penyinaran matahari. Pengukuran kenyamanan termal dalam suatu ruang belajar di sekolah penting dilakukan. Sebagaimana pendidikan adalah suatu usaha sadar dan terencana, maka untuk menjalankan dan mewujudkan proses belajar mengajar secara berkesinambungan, perlu mempertimbangkan berbagai unsur pada suatu kegiatan pembelajaran. Pendidikan tidak terlepas dari beberapa faktor penting yang mampu mendukung terselenggaranya pendidikan di sekolah. Satu diantaranya ketersediaan sarana dan prasarana pendidikan yang tidak hanya menyangkut kuantitas tetapi juga kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE, (2009). *2009 ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, inc.
- Fatmawati, N., Mappincara, A., & Habibah, S. (2019). Pemanfaatan dan Pemeliharaan Sarana dan Prasarana Pendidikan. *Jurnal Ilmu Pendidikan, Keguruan, dan Pembelajaran*, 3(2), 115-121.
- Gunawan, G., & Ananda, F. (2017). Aspek kenyamanan termal ruang belajar gedung sekolah menengah umum di wilayah Kec. Mandau. *Inovtek Polbeng*, 7(2), 98-103.
- Haris, L. L. R. I. A., & Syafrudie, A. (2016). Kenyamanan termal bangunan sekolah menengah pertama berdasarkan orientasi bangunan. *Bangunan: Teori, Praktek, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan*, 21(1).
- Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and buildings*, 34(6), 661-665.
- Hwang, R. L., Lin, T. P., & Kuo, N. J. (2006). Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. *Energy and Buildings*, 38(1), 53-62.
- Istiningrum, D. T., leidy Arumintia, R., Mukhlisin, M., & Rochadi, M. T. (2017). Kajian Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Pada Gedung Sekolah C Lantai 2 Politeknik Negeri Semarang. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 22(1), 1-16.
- Khikmah, N. (2020). Manajemen Sarana dan Prasarana untuk Mengembangkan Mutu Pendidikan. *JAMP: Jurnal Administrasi dan Manajemen Pendidikan*, 3(2), 123-130.
- Muhaimin, M., Jumriani, J., Arisanty, D., Hastuti, K. P., & Angriani, P. (2022). Landscape metrics analysis in the proboscis monkey habitat in Kuala Lupak Wildlife Reserve. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 12(2), 301-316.
- Nasrudin, N., & Maryadi, M. (2019). Manajemen Sarana dan Prasarana Pendidikan dalam Pembelajaran di SD. *Manajemen Pendidikan*, 13(2), 15-23.
- Nugraha, A., & Fitria, H. (2019). Manajemen Sarana Prasarana dalam Meningkatkan Proses Pembelajaran. In *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang* (Vol. 12, No. 01).
- Parsons, K. (2014). *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. CRC press.
- Sinta, I. M. (2019). Manajemen Sarana dan Prasarana. *Jurnal Isema: Islamic Educational Management*, 4(1), 77-92.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339.

- Sumanta, R. V. V. (2021). *Evaluasi Ruang Kelas Gambar Manual untuk Meningkatkan Kenyamanan pada Masa Pandemi di SMK Negeri 6 Bandung* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Susanti, L., & Aulia, N. (2013). Evaluasi kenyamanan termal ruang sekolah SMA negeri di kota Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 12(1), 310-316.
- Suwarlan, S. A. (2021). Evaluasi Kenyamanan Visual pada Pencahayaan Ruang Kelas Melalui Simulasi Komputansi Arsitektur Digital. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 5(2), 165-170.
- Wati, U. A. (2007). Pelaksanaan pembelajaran yang kondusif dan efektif. *Tersedia secara online di: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/PELAKSANAAN%20PEMBELAJARAN.pdf>* [diakses di Bandung, Indonesia: 20 September 2015].
- Wibawa, B. A., & Nurazizah, S. (2020). Analisis Kenyamanan Termal Ruang Dosen Menggunakan CBE Thermal Comfort. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat* (pp. 555-570).
- Wong, N. H., & Khoo, S. S. (2003). Thermal comfort in classrooms in the tropics. *Energy and buildings*, 35(4), 337-351.
- Yeny, A., & Hidayat, M. S. (2019). Kajian Penggunaan Ventilasi Alami Terhadap Kenyamanan Termal Ruang Kelas (Studi Kasus: SDN Pondok Jagung 1 Tangerang Selatan). *Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, dan Lingkungan*, 8(3), 141-154.
- Yunita, A., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2018). Kenyamanan Termal Sekolah Menengah Pertama Negeri di Wilayah Pesisir, Dataran Rendah dan Pegunungan di Kabupaten Pangkajene Kepulauan. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 22(2), 113-119.