

ADAPTASI TERMAL MASJID PESANTREN DI KOTA BITUNG: INTEGRASI IKLIM MIKRO, LINGKUNGAN BINAAN, DAN PERILAKU PENGGUNA

**Muhammad Muhdi Attaufiq¹, Moh. Fachruddin Suharto²,
Andi Andre Pratama Putra³, Nauval Risla Cendika⁴*

Universitas Negeri Manado, Indonesia

*muhditaufik@unima.ac.id**

Abstrak: Adaptasi Termal Masjid Pesantren di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan, dan Perilaku Pengguna

Penelitian ini bertujuan menganalisis sistem adaptasi termal pada masjid di lingkungan Pesantren Hidayatullah Kota Bitung melalui integrasi kondisi iklim mikro, karakteristik lingkungan, dan perilaku adaptif pengguna. Penelitian menggunakan metode *mixed methods* dengan pengukuran suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan udara, observasi lapangan, serta wawancara terhadap pengguna yang dipilih secara *purposive*. Hasil menunjukkan suhu udara 31,2–32,2°C, kelembapan relatif 79,3–81,7%, dan kecepatan udara 0,1–0,3 m/s yang mengindikasikan kenyamanan termal rendah. Evaluasi menggunakan PMV menunjukkan kondisi *warm*, sejalan dengan persepsi pengguna yang merasakan panas saat beribadah dan belajar. Adaptasi dilakukan melalui penggunaan kipas angin, berpindah ke area teduh, penyesuaian waktu aktivitas, dan pemanfaatan ventilasi alami. Temuan menunjukkan adaptasi termal merupakan hasil interaksi iklim mikro, lingkungan binaan, dan perilaku pengguna, serta menghasilkan model evaluasi adaptasi termal yang mendukung pengembangan strategi desain pasif berkelanjutan.

Kata kunci: **Adaptasi Termal; iklim mikro; Masjid; pesantren; ; Iklim Tropis**

Abstract: Thermal Adaptation of Islamic Boarding Schools in Bitung City: Integration of Microclimate, Built Environment, and User Behavior

This study aims to analyze the thermal adaptation system in mosques within the Hidayatullah Islamic Boarding School complex in Bitung City by integrating microclimate conditions, environmental characteristics, and users' adaptive behaviors. The study employed a mixed-methods approach, including measurements of air temperature, relative humidity, and air velocity, as well as field observations and interviews with purposively selected users. The results showed air temperatures of 31.2–32.2°C, relative humidity of 79.3–81.7%, and air velocity of 0.1–0.3 m/s, indicating low thermal comfort. An evaluation using the PMV index indicated “warm” conditions, consistent with users' perceptions of feeling hot while praying and studying. Adaptation strategies included the use of fans, moving to shaded areas, adjusting activity schedules, and utilizing natural ventilation. The findings indicate that thermal adaptation results from the interaction between the microclimate, the built environment, and user behavior, and led to the development of a thermal adaptation evaluation model that supports the development of sustainable passive design strategies.

Keywords: Thermal Adaptation; microclimate; Mosques; Islamic boarding schools; Tropical Climate

History & License of Article Publication:

Received: 17/05/2026 **Revision:** 28/06/2026 **Published:** 30/06/2026

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang terjadi akhir-akhir ini menyebabkan terjadinya peningkatan panas kota sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan risiko ketidaknyamanan termal. Rasa nyaman menjadi hal mutlak bagi pengguna, khususnya di ruang kelas dan masjid, agar kegiatan ibadah dan pembelajaran dapat berlangsung dengan khushuk (Mahadi et al., 2025; Purnama et al., 2024). Salah satu variabel kenyamanan yang perlu dicapai yakni ketika pengguna ruang merasakan kesesuaian antara suhu udara, kelembapan relatif, dan aliran udara sehingga tercapai keadaan fisiologis yang stabil. (Alauddin & Mustamin, 2020; Munawaroh et al., 2023). Ketidakseimbangan tersebut dapat menurunkan kenyamanan pengguna yang ditandai dengan munculnya rasa gerah, kelelahan, penurunan konsentrasi, hingga terganggunya kualitas kegiatan di dalam ruang ibadah (Luthfiyah Zahran et al., 2023; Syamsiyah & Nur Izzati, 2021)

Masjid dirancang tidak hanya sebagai pusat aktivitas pembelajaran di lingkungan pesantren tetapi menjadi pusat pembinaan karakter, pendidikan, serta aktivitas sosial santri (Nata, 2021; Rachmadyanti et al., 2024). Sebagai bangunan yang memiliki aktivitas terpanjang dan padat, masjid menjadi ruang aktivitas yang akan berpengaruh terhadap kenyamanan termal dalam proses pembelajaran dan ibadah yang berdampak pada kondisi psikologis dan produktivitas siswa. Salah satu faktor yang memengaruhi kondisi fisik dan psikis secara signifikan adalah yakni kondisi iklim mikro, salah satunya akan berdampak pada ketidaknyamanan termal. (Han et al., 2023; Liao et al., 2024). Dampak dari kondisi ini bisa berpengaruh pada tingkat konsentrasi dan kekhusyukan beribadah dan belajar di masjid secara berkelanjutan. Tantangan ini menjadi perhatian serius sehingga diperlukan pendekatan yang lebih responsif dan adaptif di lingkungan pesantren.

Faktor yang membedakan lingkungan pesantren dibandingkan dengan sekolah biasa pada umumnya adalah intensitas waktu kegiatannya. Hal ini berdampak pada kondisi termal dan psikis yang dirasakan akibat lamanya aktivitas dan juga berdampak pada perubahan kondisi spasial dan lingkungan lainnya (Jia et al., 2021; Lakhdari et al., 2021). Agar bisa mencapai kenyamanan lingkungan, pesantren harus bisa memerhatikan faktor orientasi bangunan, ukuran dan posisi bukaan, dan juga keberadaan vegetasi yang akan berpengaruh pada kondisi iklim mikro (Pratiwi & Imran, 2024). Di satu sisi, penggunaan pendingin mekanis seperti AC masih kurang dirasakan di lingkungan pesantren sehingga perlu strategi desain pasif sebagai dengan penggunaan penghawaan alami. Langkah lainnya yang dapat digunakan yakni berupa naungan, ventilasi silang, dan penggunaan bahan berkonduktivitas rendah untuk merespons kondisi termal tanpa menambah beban konsumsi energi bangunan (Hsu et al., 2021; Xu et al., 2022). Kajian ini harus dikembangkan sebagai riset lanjutan bagi bangunan yang kompleks agar dapat mendukung sistem termal di lingkungan pesantren.

Beberapa kajian tentang termal bangunan masih berfokus pada bangunan atau rumah pribadi dan belum menyentuh kondisi lingkungan kawasan seperti pesantren untuk dieksplorasi secara mendalam (Ibrahim et al., 2025; Vivek & Balaji, 2023). Ini diperkuat dengan penelitian mengenai kondisi termal pada masjid yang semakin berkembang dalam beberapa tahun terakhir, namun masih memiliki fokus yang berbeda-beda. Kajian yang dilakukan oleh (Munawaroh et al., 2023) cenderung mengevaluasi tingkat kenyamanan termal masjid berdasarkan parameter kondisi fisik bangunan, tetapi belum mengkaji perilaku

Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

adaptif jamaah sebagai respons terhadap kondisi iklim mikro. Sementara (Syamsiyah & Nur Izzati, 2021) menitikberatkan pada evaluasi kenyamanan termal melalui pengukuran lingkungan tanpa integrasi kondisi lingkungan kawasan. Penelitian (Luthfiyah Zahran et al., 2023) juga menunjukkan bahwa faktor elemen fisik pada bangunan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal, namun kajian ini masih berfokus pada bangunan tunggal sehingga belum menjelaskan hubungan antara kondisi iklim mikro, perilaku manusia, dan karakteristik lingkungan.

Dengan demikian, masih terdapat gap penelitian tentang sistem adaptasi termal akibat dari kondisi iklim mikro, karakteristik lingkungan dan perilaku penghuni di lingkungan bermassa kompleks seperti pesantren yang waktu aktivitasnya berlangsung sepanjang hari. Dengan menggunakan kerangka *Adaptive Thermal Comfort (ATC)*, evaluasi kondisi termal tidak hanya berdasarkan dari kondisi fisik lingkungan, tetapi juga oleh kemampuan adaptasi fisiologis, psikologis, dan perilaku pengguna terhadap kondisi di lingkungan. Berbeda dengan model statis PMV yang dikembangkan oleh (Fanger, 1970), model adaptif yang dikembangkan oleh (de Dear & Brager, 1998) pada akhir tahun 1990-an lebih menekankan respons pengguna bangunan terhadap perubahan kondisi termal melalui perubahan perilaku, pola aktivitas, penggunaan ventilasi, maupun pemanfaatan ruang.

Sementara itu, *novelty* penelitian ini terletak pada integrasi tiga dimensi utama, yakni (a) pengukuran iklim mikro, (b) karakteristik lingkungan pesantren, (c) perilaku adaptif penghuni dalam respons termal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah dari penelitian sebelumnya sebagai model evaluasi adaptasi termal yang lebih holistik dan komprehensif sesuai dengan lingkungan pesantren. Berdasarkan gap tersebut, maka penelitian ini dirumuskan dalam beberapa pertanyaan di antaranya: a) bagaimana karakteristik iklim mikro pada masjid di lingkungan pesantren? b) Bagaimana penghuni beradaptasi terhadap kondisi termal di lingkungan pesantren? c) bagaimana hubungan antara kondisi iklim mikro, karakteristik lingkungan, dan perilaku pengguna dalam membentuk sistem adaptasi termal di lingkungan pesantren?

Berdasarkan pertanyaan penelitian, tujuan penelitian terdapat tiga di antaranya: a) mengetahui hasil pengukuran dan karakteristik iklim mikro pada masjid lingkungan pesantren, b) mengetahui pola adaptasi pengguna terhadap kondisi termal di lingkungan pesantren, dan c) mengetahui hubungan antara kondisi iklim mikro, karakteristik lingkungan, dan perilaku pengguna dalam membentuk sistem adaptasi termal di lingkungan pesantren.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan studi kasus pada Masjid Pesantren Hidayatullah Kota Bitung, Sulawesi Utara. Pendekatan ini dipilih dengan mengintegrasikan data kuantitatif berupa pengukuran iklim mikro dengan data kualitatif berupa observasi lapangan dan wawancara mendalam tentang pemahaman dan penerapan sistem adaptasi termal penghuni. Lokasi penelitian dipilih secara purposive karena mewakili kondisi masjid di kawasan pesantren yang masih menggunakan ventilasi alami dan pendingin mekanis yang terbatas. Kompleks pesantren terdiri atas masjid, ruang kelas, asrama, dan ruang terbuka yang saling terintegrasi sehingga dapat mengamati hubungan antara kondisi iklim mikro, kondisi lingkungan dan aktivitas penghuni.

Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

Sementara populasi penelitian meliputi seluruh pengguna masjid yang terdiri dari santri, ustadz, dan pengurus pesantren. Teknik *purposive* sampling digunakan untuk memilih informan yang telah beraktivitas minimal selama 6 bulan di lingkungan pesantren sehingga memiliki pengalaman terhadap kondisi termal. Jumlah sampel yang dijadikan responden terdiri dari 5-10 santri, 2 ustadz, dan 2 pengurus. Pengukuran dilakukan selama satu hari, yakni pada titik puncak pada pukul 13.00–14.00 selama 1 hari, pada tiga titik pengamatan yang mewakili area utama aktivitas penghuni. Parameter yang diukur meliputi suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan udara. Spesifikasi alat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1: Spesifikasi alat pengukuran

Parameter	Alat	Akurasi
Suhu/Temperatur	Krisbow <i>Environment</i> Meter 5 in 1	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
<i>Relative Humidity</i> / Kelembapan Relatif	Krisbow	$\pm 3\% \text{ RH}$
<i>Air Velocity</i> / Kecepatan Angin	Krisbow	$\pm 0,1 \text{ m/s}$

Sumber: Spesifikasi Alat



Gambar 1: Alat Ukur *Environment Meter 5 In 1 Pro*

Seluruh prosedur pengukuran mengacu pada ISO 7726 dan ASHRAE Standard 55 (Standard, 1992; Standardization, 1998) dengan mengikuti standar pengukuran dan kalibrasi dengan membandingkan dengan alat yang telah teruji hasilnya. Seluruh informan telah memperoleh informasi dan penjelasan di awal mengenai tujuan penelitian dan memberikan persetujuan (*informed consent*) sebelum wawancara dilakukan. Identitas informan disamarkan menggunakan kode PG, UZ, dan SN untuk menjaga kerahasiaan.



Gambar 2: Objek Lokasi Penelitian

Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan deskriptif menggunakan Excel serta evaluasi kenyamanan melalui CBE Thermal Comfort Tool untuk memperoleh

nilai PMV dan PPD berdasarkan parameter suhu, kelembapan, kecepatan udara, tingkat metabolisme, dan nilai clo. Data wawancara dianalisis menggunakan teknik analisis tematik melalui proses *open coding*, *axial coding*, dan *selective coding* untuk mengidentifikasi pola adaptasi termal penghuni. Integrasi data hasil temuan kemudian ditafsirkan untuk melihat bagaimana hubungan iklim mikro dengan adaptasi termal yang sejalan dengan model integratif dalam penelitian kenyamanan termal di lingkungan tropis (Özbey & Turhan, 2025).



Gambar 3 : Alur Penelitian

Sumber: Analisis dengan bantuan GenAI

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis, di antaranya pengukuran iklim mikro masih dilakukan dalam satu hari sehingga belum mampu menggambarkan kondisi seutuhnya. Selain itu, jumlah titik ukur dan jumlah informan masih terbatas karena beberapa pertimbangan, termasuk jumlah lokasi dan waktu penelitian. Penelitian ini juga belum menggunakan simulasi numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) maupun ENVI-met, sehingga gambaran hasil berupa distribusi kondisi termal spasial belum dapat dianalisis secara rinci. Meskipun demikian, keterbatasan tersebut diminimalkan dengan integrasi hasil data kuantitatif dan kualitatif sehingga mendapatkan gambaran interpretasi kondisi adaptasi termal secara komprehensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berikut hasil pengukuran iklim mikro, yakni suhu, kelembapan relatif dan kecepatan angin yang dilakukan pada pukul 12.00-13.00 di 3 titik lokasi. Lokasi yang diukur meliputi Ruang Utama, Serambi, dan Teras Masjid.

Tabel 2: Hasil Pengukuran Iklim Mikro di Lingkungan Masjid

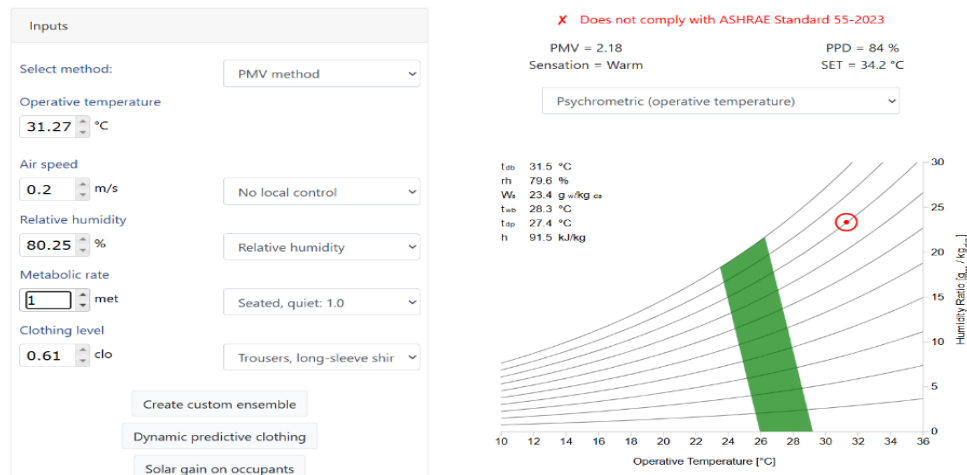
No	Indikator	Titik Pengukuran	Lokasi	Maksimum	Minimum	Rata-Rata
1	Suhu	1	Ruang Utama	31.6°C	31.2 °C	31.5 °C
		2	Serambi	32.2 °C	32 °C	32 °C
		3	Teras	31.7 °C	31.5 °C	31.6 °C
2	Kelembaban	1	Ruang Utama	81.7 %	81.3 %	81.5 %

Adaptasi Termal Masjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

		2	Serambi	80.2 %	79.6 %	80 %
		3	Teras	80.2 %	79.3 %	79.8 %
3	Kecepatan Angin	1	Ruang Utama	0.3 m/s	0.1 m/s	0.2 m/s

Sumber: Hasil Pengukuran



Gambar 4: Simulasi Zona *Thermal Comfort*

Sumber: CBE Analysis

Tabel 3: Hasil PMV dan PPD kondisi termal

Parameter	Nilai
Suhu/Temperatur	31,27°C
Relative Humadity/ Kelembaban Relatif	80,25%
Air Speed/Kecepatan Angin	0,2 m/s
PMV	+2,18
PPD	84 %
<i>Thermal Sensation</i>	<i>Warm</i>

Sumber : Simulasi PMV-PPD

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa udara di lingkungan masjid berkisar di antara 31,2 °C – 32,2 °C, dengan kelembapan relatif berkisar di antara 79,7% hingga 81,5%. Kondisi tersebut berada di kisaran kenyamanan termal bangunan yang menggunakan penghawaan alami di wilayah tropis sehingga berpotensi meningkatkan tekanan panas terhadap penghuni. Rendahnya kecepatan udara 0,1 m/s dan 0,3 m/s menyebabkan proses evaporasi keringat berlangsung kurang efektif sehingga sensasi panas semakin meningkat.

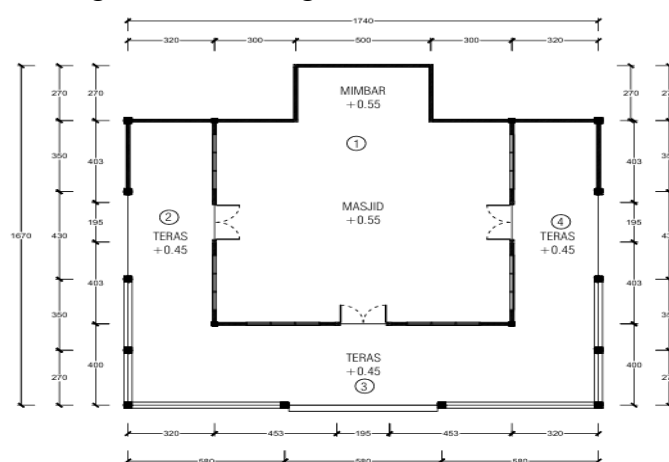
Hal ini juga dapat dilihat dari hasil CBE dan PMV-PPD, bahwasanya nilai PMV sebesar +2,18 menunjukkan sebagian besar pengguna merasakan sensasi termal hangat hingga panas. Nilai PPD sebesar 84% mengindikasikan pengguna yang tidak puas terhadap kondisi termal relatif tinggi. Temuan ini juga terlihat pada gambar CBE yang menunjukkan kondisi di luar zona nyaman secara termal, sehingga kondisi hasil pengukuran iklim mikro yang menghasilkan ketidaknyamanan termal dapat memperkuat dan memengaruhi hasil

Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

observasi maupun wawancara pengguna. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Munawaroh et al., 2023) yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara dan kelembapan relatif dapat menurunkan kenyamanan termal di ruangan ibadah. Namun demikian, berdasarkan penelitian ini kondisi termal tidak hanya bergantung pada kondisi iklim mikro namun juga dipengaruhi kondisi lingkungan pesantren secara keseluruhan.

Pengamatan lapangan lebih lanjut mengungkapkan kondisi dan karakteristik bangunan, terutama dari segi bukaan, material bangunan, dan orientasi. Di beberapa lokasi, jendela dan ventilasi tidak dimanfaatkan secara optimal, sehingga aliran udara dalam ruangan terbatas. Selain itu, area perkerasan beton yang tidak memiliki keteduhan vegetatif menyebabkan paparan langsung terhadap radiasi matahari dan peningkatan radiasi permukaan. Hasil dokumentasi menunjukkan bahwa kinerja bangunan tidak optimal dan maksimal. Tata letak ruang dan bangunan tidak selaras dengan arah angin, sehingga membatasi efektivitas strategi ventilasi silang.



Gambar 5. Denah Masjid Hidayatullah

Hasil wawancara menyoroiti persepsi penduduk tentang ketidaknyamanan termal, terutama di siang hari. Informan PG melaporkan bahwa bangunan di lingkungan pesantren sering kali tidak nyaman untuk kegiatan rutin. Persepsi ini dikuatkan oleh UZ, yang mencatat penggunaan sistem pendingin udara yang terputus-putus untuk mengurangi paparan panas dalam ruangan:

“Kalau siang hari terasa panas sekali, apalagi kalau di dalam ruangan yang ventilasinya kurang, biasanya kami menggunakan AC supaya lebih nyaman.” (UZ)

Demikian pula, informan santri menekankan dampak buruk dari peningkatan suhu pada aktivitas. SN1 menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran sering terganggu karena kondisi termal, sedangkan SN2 menyatakan

“Kalau sudah panas, biasanya kami jadi cepat capek dan sulit fokus belajar.” (SN2)

Tanggapan lain menunjukkan munculnya pola perilaku adaptif. SN3 melaporkan kecenderungan untuk mengurangi aktivitas di siang hari atau pindah ke daerah teduh, sementara SN4 mengidentifikasi penggunaan kipas angin sebagai strategi pendinginan yang umum, meskipun tidak selalu khusus. Temuan ini menggarisbawahi bahwa penghuni beradaptasi dalam menanggapi kondisi termal. Persepsi lingkungan binaan semakin mengungkapkan keterbatasan fasilitas di dalam gedung. Informan PG mengakui bahwa

fasilitas yang tidak terawat dengan baik berkontribusi pada berkurangnya kenyamanan lingkungan:

“Kami menyadari bahwa fasilitas masih kurang, jadi memang perlu ada perbaikan ke depan.” (PG)



Gambar 6: Lokasi Pesantren Hidayatullah Bitung

Dari hasil wawancara dan observasi perilaku, terdapat beragam respons adaptif di kalangan pengguna bangunan. Beberapa siswa menggunakan pendingin mekanis seperti AC dan kipas angin, siswa lain mengurangi aktivitasnya atau pindah ke ruangan yang lebih dingin. Faktor pemeliharaan bangunan berdampak pada kondisi lingkungan pesantren. Hal ini terbukti berdasarkan penelitian bahwa dimensi ekologis dapat memengaruhi kualitas lingkungan. Observasi juga dilakukan terkait pengelolaan sampah dan penggunaan air yang memengaruhi kondisi lingkungan pesantren. Informan menekankan perlunya penguatan kesadaran dan pengelolaan lingkungan di masyarakat pesantren, khususnya mengenai kesadaran dalam menjaga kebersihan secara berkelanjutan:

“Masih perlu ditingkatkan kesadaran untuk menjaga lingkungan, terutama soal sampah dan kebersihan.” (PG)

Singkatnya, berdasarkan temuan empiris hasil pengukuran iklim mikro, kondisi lingkungan pesantren dirasakan dengan suhu tinggi, kelembapan tinggi, dan udara berkecepatan rendah, yang menyebabkan rasa tidak nyaman secara termal bagi penghuni. Kondisi ini direspons dengan beragam perilaku adaptif yang berdampak pada kondisi lingkungan binaan, termasuk konfigurasi spasial, bukaan bangunan, pilihan material, dan keberadaan vegetasi. Data yang disajikan di sini memberikan penjelasan deskriptif tentang kondisi lapangan tanpa meluas ke analisis interpretatif, sehingga menjadi dasar empiris untuk diskusi lebih lanjut.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran bahwa kondisi iklim mikro di lingkungan pesantren berada pada suhu udara yang relatif tinggi (31,5–32°C), kelembapan relatif tinggi (sekitar 80%), dan kecepatan udara rendah (0,1–0,3 m/s). Kombinasi hasil dari suhu tinggi dan kelembapan mencerminkan karakteristik iklim tropis lembap, di mana pelepasan uap panas melalui keringat menjadi kurang efektif, menghasilkan tekanan termal yang dirasakan. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih menekankan pada kondisi ruang dalam bangunan (Luthfiyah Zahran et al., 2023; Munawaroh et al., 2023; Syamsiyah & Nur Izzati,

2021). Penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik kawasan pesantren berkontribusi besar terhadap perubahan iklim mikro. Hal ini terlihat dari dominasi area perkerasan, minimnya vegetasi, orientasi bangunan, hingga keterbatasan ventilasi silang yang meningkatkan akumulasi panas di kawasan sehingga memengaruhi kondisi termal di tempat ibadah. Dengan demikian, kondisi iklim mikro yang tidak optimal secara langsung dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya sehingga berkontribusi terhadap ketidaknyamanan termal di lingkungan sekolah asrama.

Tabel 4 : Adaptasi Pengguna Bangunan

Temuan	Penyebab	Dampak	Adaptasi
Suhu tinggi	Vegetasi sedikit	Gerah	Kipas
Kelembapan Relatif tinggi	Iklim tropis	Tidak nyaman	Pindah Lokasi
Kecepatan Udara rendah	Ventilasi	Panas	Membuka jendela

Sumber : Analisa Peneliti

Penggunaan *Adaptive Thermal Comfort* (ATC) atau kenyamanan termal adaptif berdasarkan kondisi dinamis dan interaksi adaptif penghuni dengan lingkungan. Studi ini merupakan bentuk adaptasi perilaku, termasuk penggunaan kipas, pola aktivitas modifikasi, dan penggunaan ruang yang diarsir. Pengamatan ini konsisten dengan catatan teoretis berdasarkan adaptasi perilaku, di mana pengguna secara aktif mengatur radiasi matahari di lingkungan untuk mencapai tingkat kenyamanan yang dapat diterima (Uddin et al., 2021). Temuan ini memperkuat relevansi model adaptif untuk mengevaluasi respons termal di lingkungan pesantren yang biasanya mengandalkan ventilasi alami dan pengkondisian mekanis yang terbatas.

Berdasarkan hasil wawancara, adaptasi pengguna tidak hanya dengan menggunakan kipas angin/AC, tetapi juga dengan berpindah ruang ke area yang lebih teduh, mengurangi aktivitas pada waktu tertentu, hingga mengubah pola penggunaan ruang. Temuan ini menunjukkan bahwa pengguna memiliki kemampuan melakukan *behavioural adaptation* sesuai konsep *Adaptive Thermal Comfort*. Meskipun kondisi termal dirasakan sangat tidak nyaman, sebagian besar pengguna tetap mampu menjalankan ibadah dan pembelajaran dengan baik dengan melakukan beberapa adaptasi. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi kenyamanan termal tidak ditentukan oleh parameter fisik lingkungan semata, tetapi juga oleh kemampuan pengguna menyesuaikan diri terhadap bentuk perubahan kondisi. Ini juga diperkuat oleh lingkungan pesantren memiliki karakteristik berbeda dibandingkan sekolah karena berlangsung hampir sepanjang hari, bahkan selama 24 jam. Sehingga intensitas penggunaan bangunan yang tinggi menyebabkan adaptasi penghuni berkembang secara lebih kompleks, dan ini juga dapat dipengaruhi oleh demografi dan budaya—termasuk usia, jenis kelamin, dan norma sosial yang memengaruhi persepsi kenyamanan termal (Arya et al., 2024).

Berfokus pada pesantren memberikan bukti bahwa evaluasi kenyamanan termal pada lingkungan pendidikan tidak cukup dilakukan melalui pengukuran suhu dan kelembapan saja, tetapi harus mempertimbangkan interaksi antara lingkungan binaan, perilaku penghuni,

Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

dan karakteristik aktivitas. Temuan ini juga menambahkan perspektif dari penelitian sebelumnya dalam mengembangkan model evaluasi yang lebih kontekstual dan adaptif di lingkungan pesantren. Selain itu, integrasi strategi desain pasif dengan sistem mekanis yang efisien dapat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan tanpa meningkatkan konsumsi energi secara substansial (Faria et al., 2022).

Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis terhadap pengembangan kajian mengenai *Adaptive Thermal Comfort* pada bangunan pendidikan berbasis pesantren yang masih relatif terbatas. Selain itu, dari aspek metodologis, penelitian ini mengintegrasikan pengukuran iklim mikro, karakteristik lingkungan binaan, dan perilaku penghuni dalam satu kerangka analisis yang tidak terpisah dibandingkan penelitian sebelumnya. Kontribusi praktisnya dapat menghasilkan rekomendasi desain pasif ke depannya antara lain mengoptimalkan ventilasi alami, meningkatkan cakupan vegetasi, penataan tata letak bangunan, dan meningkatkan kesadaran ekologis di kalangan warga.

Penelitian ini perlu diperluas dengan waktu dan lokasi yang lebih luas untuk memahami secara komprehensif gambaran kondisi iklim mikro sepanjang tahun. Selanjutnya, perlu menambahkan analisis dengan pendekatan simulasi seperti *computational fluid dynamics* (CFD) atau pemodelan ENVI-met, agar dapat memberikan wawasan yang lebih rinci tentang distribusi termal dalam skala lingkungan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan sebagai jawaban terhadap karakteristik iklim mikro dan adaptasi termal penghuni di lingkungan Masjid Pesantren Hidayatullah Kota Bitung. Berdasarkan hasil pengukuran, kondisi iklim mikro di lingkungan masjid menunjukkan suhu udara yang relatif tinggi berkisar 31,2 – 32,2 °C, kelembapan relatif 79,3–81,7%, dan kecepatan udara hanya 0,1–0,3 m/s. Kondisi ini menggambarkan kondisi lingkungan termal yang panas dan lembap sehingga berpotensi menurunkan tingkat kenyamanan termal pengguna. Sementara berdasarkan pengamatan kondisi lingkungan masih banyak area perkerasan, minimnya vegetasi, orientasi bangunan, yang belum optimal hingga keterbatasan ventilasi silang yang meningkatkan akumulasi panas di lingkungan yang memengaruhi kondisi termal di tempat ibadah

Evaluasi menggunakan *Predicted Mean Vote* (PMV) menunjukkan kondisi termal pada kategori *warm* (hangat), yang mengindikasikan terjadinya ketidaknyamanan termal. Namun demikian, berbagai cara dilakukan penghuni agar bisa merespons kondisi termal tersebut, seperti menggunakan kipas angin, berpindah ke tempat yang lebih sejuk, mengurangi aktivitas, serta memanfaatkan ventilasi yang tersedia. Temuan dari penelitian ini menunjukkan adaptasi terhadap kondisi iklim mikro, karakteristik lingkungan, dan perilaku adaptif penghuni.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memberikan sudut pandang pendekatan terbaru yang lebih komprehensif dibandingkan dengan hanya berdasarkan hasil kondisi fisik dan persepsi pengguna. Secara praktis, hasil penelitian merekomendasikan peningkatan kualitas ventilasi silang, penambahan jumlah vegetasi, optimalisasi orientasi bangunan dan bukaan, penggunaan material yang memiliki konduktivitas termal yang rendah serta pengurangan perkerasan untuk meningkatkan kenyamanan termal tanpa peningkatan konsumsi energi yang signifikan. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan melakukan skala pengukuran dalam

Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

<https://radial.e-journal.unbitago.ac.id/radial/index>

berbagai situasi dan kondisi waktu, menambah jumlah titik pengukuran dan pengamatan, serta menggunakan simulasi CFD dan ENVI-met untuk menganalisis kondisi termal secara mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alauddin, A., & Mustamin, T. (2020). Karakteristik Temperatur Udara Terhadap Kenyamanan Termal Di Masjid Agung Luwuk Banggai. *Jurnal Linears*, 2(2), 49–54.
- Arya, V. K., Rasheed, E. O., Samarasinghe, D. A. S., & Wilkinson, S. (2024). Comparative Analysis of Indoor Air Quality and Thermal Comfort Standards in School Buildings Across New Zealand With Other OECD Countries. *Buildings*, 14(6), 1556. <https://doi.org/10.3390/buildings14061556>
- de Dear, R., & Brager, G. S. (1998). *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*. <https://escholarship.org/content/qt4qq2p9c6/qt4qq2p9c6.pdf?v=lg>
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. (1st ed.). Danish Technical Press. <https://archive.org/details/thermalcomfortan0000fang/page/n5/mode/2up>
- Faria, L. C. d., Roméro, M. d. A., Porras-Amores, C., Pirró, L. F. de S., & Sáez, P. V. (2022). Prediction of the Impact of Air Speed Produced by a Mechanical Fan and Operative Temperature on the Thermal Sensation. *Buildings*, 12(2), 101. <https://doi.org/10.3390/buildings12020101>
- Han, M., Han, B., Liu, S., & Sun, Z. (2023). Impact of Microclimate on People's Experiences and Behaviours in the Cultural Consumption Space: A Case Study of Panjiayuan Antique Market in Beijing, China. *Buildings*, 13(5), 1158. <https://doi.org/10.3390/buildings13051158>
- Hsu, H.-H., Chiang, W.-H., & Huang, J. S. (2021). Hybrid Ventilation in an Air-Conditioned Office Building With a Multistory Atrium for Thermal Comfort: A Practical Case Study. *Buildings*, 11(12), 625. <https://doi.org/10.3390/buildings11120625>
- Ibrahim, R., Albadra, D., Alnuaimi, A., Kuchai, N., Acevedo-De-los-Ríos, A., Rondinel-Oviedo, D., Natarajan, S., & Coley, D. (2025). Thermal Comfort in Lower Economic Groups: The Applicability of the ASHRAE-55 Adaptive Standards in Informal Settlements and Refugee Camps. *Building Services Engineering Research and Technology*. <https://doi.org/10.1177/01436244251339728>
- Jia, M., Srinivasan, R., Ries, R., Bharathy, G., & Weyer, N. (2021). Investigating the Impact of Actual and Modeled Occupant Behavior Information Input to Building Performance Simulation. *Buildings*, 11(1), 32. <https://doi.org/10.3390/buildings11010032>
- Lakhdari, K., Sriti, L., & Painter, B. (2021). Parametric Optimization of Daylight, Thermal and Energy Performance of Middle School Classrooms, Case of Hot and Dry Regions. *Building and Environment*, 204, 108173. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108173>
- Liao, M.-C., Sung, W., & Shi, Q.-Q. C. (2024). Comparing Small Water Bodies' Impact on Subtropical Campus Outdoor Temperature: Measured vs. Simulated Data. *Buildings*, 14(5), 1288. <https://doi.org/10.3390/buildings14051288>
- Luthfiyah Zahran, N., Salsabila, K., Ramadhan, T., & Maknun, J. (2023). ANALISIS KENYAMANAN TERMAL BANGUNAN MASJID SMA DI KOTA BANDUNG Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)

- (Thermal Comfort Analysis of High School Mosque Building in Bandung City). *TESA Arsitektur UNIKA*, 21(1), 60–73. <https://doi.org/10.24167/tesa.v21i1>
- Mahadi, S. R., Adam, F., & Kaharu, A. (2025). PERANCANGAN ISLAMIC CENTRE DI KABUPATEN TOJO UNA-UNA DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR ISLAM. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 13(2), 349–365.
- Munawaroh, A. S., Kurniawan, M. I., Rais, M. K., & Amarullah, T. (2023). Thermal Comfort of Ad-Du'a Mosque in Bandar Lampung City, Indonesia. *Journal Arsitektur*, 13(1), 67–80. <https://doi.org/10.36448/ja.v13i1.2713>
- Nata, A. (2021). Peran dan fungsi masjid di Indonesia dalam perspektif pendidikan Islam. *Ta'dibuna: Jurnal Pendidikan Islam*, 10(3), 414–432.
- Özbey, M. F., & Turhan, C. (2025). Modelling the Positive and Negative Interaction Between Mood and Thermal Sensation in the Built Environment Using a Combined Markov Chain Monte Carlo Algorithm and Morris Method. *Building Services Engineering Research and Technology*. <https://doi.org/10.1177/01436244251346640>
- Pratiwi, N., & Imran, M. (2024). Analisis Kenyamanan Thermal Dan Kenyamanan Visual Pada Rumah Nelayan Di Pesisir Pantai Kelurahan Leato Selatan. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 12(1), 189–201.
- Purnama, M. S. S., Pratama, M. R. D., & Hamdani, N. (2024). Analisis kenyamanan pada bangunan masjid ditinjau dari sisi thermal dan kebisingan. Studi kasus: Masjid Ukhuwah Islamiyah UI Depok. *NALARs*, 23(1), 69–76.
- Rachmadyanti, R., Wuisang, C. E. V., & Warouw, F. (2024). Kajian Pelestarian Bangunan Cagar Budaya Masjid Hunto Sultan Amay Gorontalo. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 12(1), 67–84.
- Standard, A. (1992). Thermal environmental conditions for human occupancy. *ANSI/ASHRAE*, 55, 5.
- Standardization, Io. (1998). *ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment e instruments for measuring physical quantities*. ISO.
- Syamsiyah, N. R., & Nur Izzati, H. (2021). STRATEGI KENYAMANAN TERMAL MASJID AL-KAUTSAR KERTONATAN, KARTASURA, SUKOHARJO. *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 8(2), 98. <https://doi.org/10.26418/lantang.v8i2.45792>
- Uddin, M. N., Wei, H.-H., Chi, H.-L., & Ni, M. (2021). Influence of Occupant Behavior for Building Energy Conservation: A Systematic Review Study of Diverse Modeling and Simulation Approach. *Buildings*, 11(2), 41. <https://doi.org/10.3390/buildings11020041>
- Vivek, T., & Balaji, K. (2023). Influence of Cooling Surface Area on Indoor Air and Surface Heat Transfer Characteristics of a Thermally Activated Building System in Warm and Humid Zones: An Experimental Study. *Journal of Building Physics*, 47(2), 204–229. <https://doi.org/10.1177/17442591231177428>
- Xu, T., Yao, R., Du, C., & Huang, X. (2022). A Method of Predicting the Dynamic Thermal Sensation Under Varying Outdoor Heat Stress Conditions in Summer. *Building and Environment*, 223, 109454. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109454>
- Adaptasi Termal Mesjid Pesantren Di Kota Bitung: Integrasi Iklim Mikro, Lingkungan Binaan dan Perilaku Pengguna (Attaufiq)