

EVALUASI KINERJA KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID KESULTANAN TERNATE : STUDI TENTANG VENTILASI ALAMI DAN POTENSI PENINGKATANNYA

¹Muhammad Tayeb Mustamin, ²Sayyid Quraissy

¹Universitas Khairun, ²Universitas Khairun

Email : m.tayebmustamin@unkhair.ac.id, sayyid.quraissy@unkhair.ac.id,

Abstrak: Penelitian ini berupaya menilai khasiat ventilasi alami dalam mencapai kenyamanan termal di dalam Masjid Kesultanan Ternate. Studi ini menilai suhu, kelembaban, dan kecepatan aliran udara pada jam yang berbeda (pagi, siang, sore) untuk menyelidiki variasi kenyamanan termal, mengakui signifikansinya di ruang ibadah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan tingkat kelembaban di siang hari menyebabkan penurunan kenyamanan, seperti yang terlihat dari peningkatan nilai PMV (1,2) dan PPD yang lebih tinggi (35%). Sebaliknya, pada pagi dan sore hari, suhu dan kelembaban menunjukkan stabilitas yang lebih besar, menghasilkan nilai PMV yang lebih rendah dan PPD yang berkurang, yang menunjukkan tingkat kenyamanan yang ditingkatkan. Wawancara dengan peziarah menunjukkan bahwa banyak yang mengalami ketidaknyamanan di siang hari, terutama karena suhu tinggi dan kualitas udara yang menindas. Kecepatan angin sedang sepanjang pagi dan sore memperburuk kenyamanan termal, meskipun ada peningkatan kecil di sore hari. Disarankan agar arsitektur ventilasi alami di Masjid Kesultanan Ternate ditingkatkan dengan meningkatkan ukuran lubang ventilasi, menggabungkan ventilasi atap, dan memanfaatkan bahan isolasi termal yang lebih efektif.

Kata Kunci: *Masjid Kesultanan Ternate, Kenyamanan Termal, Ventilasi Alami, Desain Arsitektur, Bangunan Bersejarah, Iklim Tropis, Sirkulasi Udara*

Abstract: *This study seeks to assess the efficacy of natural ventilation in achieving thermal comfort in the Ternate Sultanate Mosque. The study assessed temperature, humidity, and airflow velocity at different hours (morning, noon, evening) to investigate variations in thermal comfort, recognizing its significance in worship spaces. The measurement results showed that increased temperature and humidity levels during the day led to a decrease in comfort, as seen from the increase in higher PMV (1,2) and PPD (35%) values. In contrast, in the morning and evening, temperature and humidity show greater stability, resulting in lower PMV values and reduced PPD, which indicates an improved level of comfort. Interviews with pilgrims show that many experience discomfort during the day, mainly due to high temperatures and oppressive air quality. Moderate wind speeds throughout the morning and evening exacerbated thermal comfort, although there was a small increase in the afternoon. It is suggested that the natural ventilation architecture in the Ternate Sultanate Mosque be improved by increasing the size of the ventilation holes, incorporating roof ventilation, and utilizing more effective thermal insulation materials.*

Keywords : *Ternate Sultanate Mosque, Thermal Comfort, Natural Ventilation, Architectural Design, Historic Buildings, Tropical Climate, Air Circulation*

PENDAHULUAN

Kenyamanan termal di dalam ruang ibadah, khususnya masjid, menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung aktivitas ibadah yang khusyuk. Pada masjid-masjid yang dibangun di daerah tropis seperti Masjid Kesultanan Ternate, suhu udara yang tinggi dan kelembaban yang tidak stabil sering kali memengaruhi kenyamanan pengunjung. Dalam konteks ini, ventilasi alami berperan penting dalam menjaga kualitas udara dan suhu yang nyaman di dalam ruang. Ventilasi alami yang efektif dapat menurunkan suhu dan kelembaban yang tinggi, memberikan aliran udara yang optimal, serta mengurangi penggunaan energi yang berlebihan untuk pendinginan buatan.

Namun, ventilasi alami pada bangunan tradisional seperti Masjid Kesultanan Ternate sering kali menghadapi tantangan dalam mencapai tingkat kenyamanan yang diinginkan, terutama pada jam-jam tertentu seperti siang hari, ketika suhu udara dan kelembaban cenderung lebih tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi kinerja ventilasi alami pada masjid tersebut dan mengidentifikasi potensi perbaikan untuk meningkatkan kenyamanan termal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kenyamanan termal pada Masjid Kesultanan Ternate dengan fokus pada ventilasi alami yang ada. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menilai suhu, kelembaban, dan kecepatan aliran udara pada waktu yang berbeda (pagi, siang, sore) untuk memetakan variasi kenyamanan termal di dalam masjid.
2. Mengidentifikasi pengaruh ventilasi alami terhadap kenyamanan termal pada berbagai waktu pengukuran.
3. Memberikan rekomendasi desain untuk meningkatkan kinerja ventilasi alami, guna menciptakan lingkungan ibadah yang lebih nyaman bagi jamaah.

Beberapa permasalahan yang menjadi fokus penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh ventilasi alami terhadap suhu, kelembaban, dan kecepatan aliran udara di dalam Masjid Kesultanan Ternate?
2. Apa faktor-faktor yang menyebabkan ketidaknyamanan termal di dalam masjid, terutama pada siang hari?
3. Bagaimana potensi peningkatan ventilasi alami dapat meningkatkan kenyamanan termal di dalam ruang ibadah tersebut?

Urgensi dari penelitian ini terletak pada pentingnya menciptakan lingkungan yang nyaman bagi jamaah masjid, mengingat bahwa kenyamanan termal sangat berpengaruh terhadap kualitas ibadah. Penelitian ini juga relevan dalam konteks upaya peningkatan efisiensi energi pada bangunan-bangunan bersejarah, yang sering kali masih bergantung pada ventilasi alami. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan dalam merancang atau merevitalisasi masjid dengan ventilasi alami yang lebih efektif, serta menjadi kontribusi penting dalam mengembangkan desain arsitektur yang berkelanjutan, khususnya untuk bangunan-bangunan bersejarah di wilayah tropis.

Kenyamanan termal pada bangunan tropis, khususnya masjid, sangat dipengaruhi oleh sistem ventilasi alami yang ada. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ventilasi alami berperan penting dalam menciptakan lingkungan yang nyaman di dalam ruangan, mengurangi ketergantungan pada pendinginan mekanis, dan meningkatkan kualitas udara. Studi oleh (Givoni, 1994) menunjukkan bahwa desain ventilasi alami yang baik dapat secara signifikan menurunkan suhu udara di dalam ruangan, serta meningkatkan kenyamanan penghuni tanpa

memerlukan energi tambahan. Dalam konteks bangunan bersejarah di daerah tropis, desain ventilasi alami menjadi lebih kompleks karena faktor estetika, penggunaan material tradisional, dan karakteristik arsitektur yang khas (Omer, 2008).

Dalam kajian tentang kenyamanan termal di masjid, penelitian oleh (Muneer et al., 2016) mengungkapkan bahwa ventilasi alami yang diterapkan pada masjid di daerah tropis sering kali tidak mampu menjaga kenyamanan penghuni selama siang hari, ketika suhu dan kelembaban tinggi (Tayeb et al., 2016). Penelitian ini juga mencatat bahwa faktor-faktor seperti orientasi bangunan, ukuran bukaan ventilasi, dan jenis material bangunan sangat memengaruhi efektivitas ventilasi alami dalam menjaga suhu dan kelembaban yang stabil. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan studi yang dilakukan oleh (Salim et al., 2017) yang menemukan bahwa desain ventilasi atap dapat meningkatkan sirkulasi udara di ruang ibadah, sehingga memberikan kenyamanan yang lebih baik di siang hari.

Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa desain ventilasi alami pada masjid sering kali tidak optimal. Hal ini terutama disebabkan oleh penggunaan material bangunan yang kurang mendukung, serta ketidaksesuaian antara bentuk bangunan dengan kebutuhan ventilasi yang efektif (Abdullah & Rahman, 2013). Penelitian oleh (Gupta & O'Neill, 2018) juga menyarankan bahwa peningkatan ventilasi melalui penambahan lubang ventilasi di dinding dan atap dapat memperbaiki sirkulasi udara di dalam ruang ibadah. Selain itu, penelitian oleh (Soebarto & Ranjitkar, 2012) menunjukkan bahwa penggunaan bahan isolasi termal yang lebih baik dapat mengurangi beban pendinginan pada bangunan tropis, sehingga menjaga kenyamanan termal dengan lebih efisien.

Dalam konteks Masjid Kesultanan Ternate, yang merupakan bangunan bersejarah, penerapan prinsip-prinsip ventilasi alami harus mempertimbangkan keberlanjutan dan pelestarian nilai-nilai budaya. Beberapa studi menunjukkan bahwa perbaikan desain ventilasi alami pada bangunan bersejarah dapat dilakukan dengan menyesuaikan teknologi dan pendekatan desain modern tanpa mengorbankan karakteristik asli bangunan tersebut (Gauzin-Müller, 2002). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara spesifik kinerja ventilasi alami di Masjid Kesultanan Ternate, dengan tujuan meningkatkan kenyamanan termal bagi para jamaah.

Berdasarkan analisis terhadap kondisi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin di dalam Masjid Kesultanan Ternate, penelitian ini akan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidaknyamanan termal. Salah satu pendekatan yang akan digunakan adalah dengan mengkaji desain ventilasi alami saat ini, kemudian mengusulkan perbaikan yang mungkin dilakukan, seperti peningkatan ukuran lubang ventilasi, penggunaan ventilasi atap, dan penggunaan bahan isolasi termal yang lebih efisien. Analisis data dari pengukuran kenyamanan termal akan dibandingkan dengan standar kenyamanan yang berlaku, untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan yang objektif.

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka yang telah dipaparkan, hipotesis penelitian ini adalah bahwa ventilasi alami di Masjid Kesultanan Ternate kurang efektif dalam menjaga kenyamanan termal, terutama pada jam-jam tertentu seperti siang hari, yang ditandai dengan suhu dan kelembaban yang lebih tinggi. Diharapkan, peningkatan desain ventilasi alami dengan cara-cara tertentu dapat meningkatkan kenyamanan termal, menurunkan tingkat ketidaknyamanan, dan menciptakan lingkungan ibadah yang lebih kondusif.

Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan desain masjid yang lebih nyaman dan berkelanjutan, serta memberikan wawasan baru dalam pemanfaatan ventilasi alami untuk bangunan bersejarah di daerah tropis.

TINJAUAN TEORI

Kenyamanan termal dalam sebuah bangunan ibadah seperti masjid sangat esensial karena berdampak langsung pada kekhisyukan jamaah dalam beribadah (Yulita et al., 2023). Kondisi termal yang nyaman dapat membantu pengguna mempertahankan konsentrasi penuh terhadap aktivitas ibadah yang dilakukan, mengingat ibadah di masjid seringkali memerlukan durasi waktu yang tidak sebentar (Pratama & Budiono, n.d.). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa lingkungan termal yang suboptimal dapat mengganggu konsentrasi dan kinerja kognitif (Mohammed et al., 2020). Oleh karena itu, evaluasi kinerja kenyamanan termal menjadi krusial dalam desain arsitektur masjid, khususnya dalam konteks iklim tropis yang menuntut pendekatan khusus terhadap ventilasi alami dan mitigasi panas (S.C., n.d.). Optimalisasi desain arsitektur masjid dalam mengatasi tantangan iklim tropis seringkali melibatkan prinsip-prinsip responsif iklim untuk mencapai kenyamanan termal tanpa ketergantungan pada sistem pendingin mekanis (Rauzi et al., 2022).

Banyak masjid, terutama di iklim panas dan lembap, masih menghadapi masalah kinerja termal dalam ruangnya, meskipun ventilasi alami telah diaplikasikan (binti Khalit et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa kondisi kenyamanan termal di wilayah tropis dapat dicapai pada rentang suhu efektif 23°C hingga 27°C, kelembaban 30%-60%, dan kecepatan udara 0,2 m/s, meskipun beberapa studi domestik mengindikasikan rentang yang sedikit berbeda untuk kenyamanan termal optimal (Harsritanto et al., 2019). Sebagai contoh, studi kriteria MOM menunjukkan bahwa suhu nyaman di dalam ruangan berkisar antara 22,8°C hingga 25,8°C, dengan kecepatan pergerakan udara di bawah 1 m/dt berkontribusi pada rasa pengap, sedangkan kecepatan hingga 1 m/dt dapat menciptakan kondisi nyaman (Alauddin & Mustamin, 2020). Di samping itu, pergerakan udara yang memadai melalui penggunaan kipas langit-langit dapat secara signifikan meningkatkan kenyamanan termal, bahkan pada suhu dalam ruangan yang melebihi 30 °C (Zakaria et al., 2024). Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana elemen desain arsitektur, seperti bukaan, orientasi bangunan, dan tata letak interior, memengaruhi distribusi aliran udara dan suhu di dalam masjid untuk mencapai kondisi termal yang ideal (Hakim et al., 2024). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa suhu di dalam masjid dapat berkisar antara 28.9°C hingga 31.7°C, dengan area lantai bawah cenderung lebih sejuk dibandingkan lantai satu, dan kenyamanan termal masih dapat dicapai dengan penggunaan kipas langit-langit yang memadai untuk menghasilkan kecepatan angin yang sesuai (Zakaria et al., 2024). Rekomendasi kecepatan udara untuk kenyamanan termal di iklim tropis berkisar antara $0,13 \pm 0,04$ m/s untuk suhu netral $26,9 \pm 1,3$ °C, serta dapat mencapai lebih dari 0,81 m/s untuk suhu di atas 29 °C (Mohammad Yusoff, 2021). Faktor penting lainnya yang memengaruhi kenyamanan termal adalah kelembaban relatif, dengan standar ASHRAE merekomendasikan rentang 40-60%, meskipun bangunan berventilasi alami di iklim panas dan lembap dapat mencapai kenyamanan pada suhu 26-29,9°C dan kecepatan udara 0,5-1,0 m/s asalkan kelembaban relatif tidak melebihi 90% (Nawayai et al., 2023). Di daerah khatulistiwa, batas nyaman umumnya berada di kisaran 22,5°C hingga 29,5°C dengan kelembaban relatif sekitar 40-60%, namun kenyamanan termal optimal di iklim tropis dapat tercapai pada rentang suhu 22,8°C hingga 25,8°C (Kusyanto et al., 2019). Variabilitas rentang kenyamanan ini

menunjukkan bahwa persepsi kenyamanan termal dipengaruhi oleh adaptasi iklim lokal dan karakteristik fisiologis individu (Fatimah & Yusoff, 2020).

Ventilasi alami memainkan peran krusial dalam menciptakan lingkungan termal yang nyaman pada bangunan, terutama di wilayah tropis, dengan memanfaatkan pergerakan udara dan perbedaan tekanan untuk mengalirkan udara bersih ke dalam ruangan (Mustamin & quraisy, n.d.). Strategi ini tidak hanya berkontribusi pada pendinginan pasif tetapi juga meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dengan menghilangkan polutan dan menjaga kadar oksigen yang memadai (Hakim et al., 2024). Pengaturan bukaan pada bangunan, seperti ukuran dan orientasinya, sangat memengaruhi kondisi kenyamanan termal, terutama pada bangunan yang mengandalkan ventilasi alami (Kusyanto et al., 2019). Optimalisasi desain bukaan, seperti peningkatan rasio bukaan vertikal yang mengarah ke atap, dapat secara signifikan memaksimalkan pergerakan udara internal, sehingga mempercepat aliran angin di dalam ruang pada siang hari dibandingkan pagi hari (Shafa et al., 2023). Efektivitas ventilasi alami juga dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin eksternal, dengan angin yang lebih cepat cenderung memberikan pendinginan yang lebih besar melalui peningkatan laju transfer panas konvektif dan evaporatif (Hadi et al., 2023). Kondisi kenyamanan termal optimal untuk kelembapan udara bervariasi, dengan standar Lippsmeir menyatakan 20–50%, sementara SNI untuk bangunan ber-AC di Indonesia menetapkan 40–70% (Hendrawati, 2016). Penelitian lain menunjukkan bahwa kelembapan relatif antara 40% dan 50% adalah optimal untuk kenyamanan termal (Soebiyanto et al., 2023). Namun, untuk daerah tropis, kelembapan yang dirasakan nyaman dapat mencapai 70% (Ratnasari & Asharhani, 2021), sementara ASHRAE 55 merekomendasikan rentang kelembapan relatif antara 30-80%, dan standar Malaysia menyarankan 40-70% (Hassin & Misni, 2023).

Desain arsitektur masjid tradisional di daerah tropis seringkali mengintegrasikan prinsip-prinsip vernakular yang responsif terhadap iklim, seperti penggunaan material lokal dan konfigurasi ruang yang mendukung aliran udara alami (Nawayai et al., 2023). Inilah sebabnya mengapa masjid-masjid bersejarah sering menampilkan elemen-elemen seperti dinding berlubang, jendela besar, dan langit-langit tinggi untuk memfasilitasi pergerakan udara secara optimal (Hakim et al., 2024). Bukaan yang luas pada dinding, seperti yang ditemukan pada Masjid Kesultanan Ternate, memungkinkan peningkatan aliran udara dan berpengaruh signifikan terhadap kuantitas serta arah masuknya udara ke dalam bangunan, yang pada gilirannya dapat mengurangi suhu dan meningkatkan kelembapan di dalam ruangan (Kusyanto et al., 2019) (Azlam et al., 2024). Desain bukaan ini, baik dalam bentuk jendela maupun ventilasi, krusial untuk memastikan sirkulasi udara segar dan meminimalisir konsentrasi polutan di dalam ruangan, sesuai dengan standar kualitas udara yang disyaratkan (Ratnasari & Asharhani, 2021) (Budi et al., 2018). Peningkatan kinerja termal bangunan dapat dicapai melalui optimasi ventilasi secara berkelanjutan, termasuk menghindari penutupan bukaan dan mengganti daun jendela kaca dengan bukaan yang lebih efektif untuk mengurangi massa termal (Susilo & Prianto, 2023). Selain itu, pemilihan lokasi bukaan yang strategis dan proporsionalitas rasio bukaan jendela terhadap dinding juga memiliki dampak substansial terhadap pencapaian kondisi kenyamanan termal, terutama di iklim panas dan lembap (Hamzah et al., 2018) (Kusyanto et al., 2019).

Studi-studi sebelumnya telah banyak mengeksplorasi efektivitas strategi pendinginan pasif, termasuk ventilasi alami, dalam meningkatkan kenyamanan termal pada bangunan di iklim tropis (binti Khalit et al., 2023). Beberapa penelitian menyoroti bagaimana desain

@2026 FORUM CENDEKIA. Corresponding Author : Muhammad Tayeb Mustamin
Email address : m.tayebmustamin@unkhair.ac.id

bukaan, orientasi bangunan, dan material lokal dapat secara signifikan memengaruhi performa termal internal masjid, terutama dalam konteks arsitektur vernakular (Nawayai et al., 2020). Sebagai contoh, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan elemen arsitektur seperti jendela berpaling (*louvered windows*) dan panel dinding berukir (*carving wall panels*) pada fasad dapat meningkatkan ventilasi silang alami dan mempengaruhi kenyamanan termal internal (Nawayai et al., 2023). Studi komparatif juga mengungkapkan bahwa kondisi termal di dalam bangunan masih berada dalam zona nyaman dengan kondisi sedikit hangat, bahkan dengan pengukuran suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan udara menggunakan simulasi perangkat lunak (Nordin & Misni, 2017). Selain itu, desain bukaan seperti inlet dan outlet mampu memengaruhi aliran udara dan mendukung kenyamanan termal, sejalan dengan temuan bahwa posisi bukaan yang lebih rendah dapat meningkatkan pendinginan (Saraswati et al., 2023). Faktor-faktor seperti durasi, waktu, dan jenis pembukaan jendela juga secara signifikan memengaruhi tingkat suhu berlebih di dalam ruangan (She et al., 2024).

Beberapa penelitian juga menguji pengaruh konfigurasi jendela terhadap pendinginan pasif dalam interior masjid, serta menganalisis konsumsi energi dan kondisi kenyamanan termal pada dua masjid di iklim subtropis yang lembap (Azkur, 2024). Meskipun demikian, terdapat tantangan dalam mencapai kenyamanan termal optimal di masjid modern, seperti penggunaan jendela kaca tetap pada area kubah yang menghambat efek cerobong asap dan menyebabkan peningkatan penerimaan panas matahari langsung (Mohammad Yusoff, 2021). Perbedaan suhu yang signifikan antara bagian dalam dan luar masjid, terutama akibat bukaan yang luas, memungkinkan terjadinya pengudaraan alami yang efektif dan mencegah peningkatan suhu internal yang drastis (Zakaria et al., 2024). Penelitian juga menunjukkan bahwa penghuni bangunan berventilasi alami cenderung lebih toleran terhadap suhu tinggi dan merasa lebih nyaman dibandingkan dengan bangunan ber-AC (Rahman et al., 2021). Namun, Ibrahim et al. dan Bakhlah serta Hassan melaporkan bahwa studi komprehensif mengenai kenyamanan penghuni dan kualitas udara dalam ruangan masih terbatas, meskipun desain pasif yang baik esensial untuk kenyamanan termal dan efisiensi energi (Rahman et al., 2021). Meskipun demikian, evaluasi kinerja termal dan dampak konfigurasi bukaan pada masjid-masjid bersejarah yang mengandalkan ventilasi alami masih memerlukan investigasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi potensi peningkatan yang spesifik (Azkur, 2024)(Pratama & Budiono, n.d.).

LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN:

1. Pengukuran Kenyamanan Termal

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan pengukuran suhu, kelembapan, dan kecepatan angin di beberapa titik dalam ruang ibadah di Masjid Kesultanan Ternate. Pengukuran ini dilakukan pada beberapa waktu yang berbeda (pagi, siang, sore) untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai fluktuasi suhu dan kelembapan sepanjang hari. Alat yang digunakan untuk pengukuran ini meliputi *thermo-hygrometer* untuk suhu dan kelembapan, serta anemometer untuk mengukur kecepatan aliran udara. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan indeks kenyamanan termal seperti *PMV (Predicted Mean Vote)* dan *PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)* yang telah banyak digunakan dalam penelitian kenyamanan termal pada bangunan tropis.

2. Wawancara dengan Jamaah

Selanjutnya, penelitian ini melibatkan wawancara dengan jamaah untuk memperoleh data kualitatif mengenai persepsi mereka terhadap kenyamanan termal di masjid. Wawancara ini bertujuan untuk memahami pengalaman langsung jamaah terkait suhu, kelembapan, dan kenyamanan keseluruhan selama kegiatan ibadah. Wawancara dilakukan dengan menggunakan pedoman wawancara semi-terstruktur yang berfokus pada aspek kenyamanan termal dan penggunaan ventilasi alami di masjid.

3. Observasi Langsung

Selain wawancara, observasi langsung dilakukan untuk mempelajari aspek-aspek fisik dari ventilasi alami di masjid, termasuk desain bukaan, arah angin, dan posisi bangunan yang mempengaruhi sirkulasi udara. Observasi ini juga mencatat bagaimana aktivitas jamaah berinteraksi dengan ruang masjid, baik saat beribadah maupun dalam kegiatan lainnya. Observasi ini memberikan gambaran kontekstual mengenai faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal di masjid.

Populasi dan Sampel Penelitian:

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh jamaah yang beribadah di Masjid Kesultanan Ternate, baik jamaah yang datang untuk sholat wajib, sholat Jumat, maupun kegiatan lainnya seperti pengajian. Populasi ini mencakup beragam usia dan latar belakang sosial, yang dapat memberikan gambaran yang lebih luas tentang persepsi kenyamanan termal di masjid.

Sampel penelitian ini terdiri dari 50 jamaah yang dipilih secara acak dengan kriteria sebagai berikut:

- Jamaah yang beribadah di masjid pada waktu-waktu yang berbeda (pagi, siang, dan sore).
- Jamaah yang memiliki pengalaman minimal 1 bulan beribadah di masjid tersebut.
- Jamaah dari berbagai kelompok usia dan gender untuk memperoleh perspektif yang lebih bervariasi.

Sampel ini dipilih dengan metode *purposive sampling*, di mana peneliti memilih responden yang dianggap memiliki pengalaman yang relevan untuk penelitian ini.

Tabel 1. Populasi dan Sampel Penelitian:

Kriteria	Jumlah Responden
Jamaah yang beribadah pagi	15
Jamaah yang beribadah siang	15
Jamaah yang beribadah sore	15
Total Responden	45
Jamaah untuk wawancara tambahan	5

Sumber: Penulis, 2025

Metode Analisis Data:

1. Analisis Kuantitatif

Data yang diperoleh dari pengukuran suhu, kelembapan, dan kecepatan angin akan dianalisis

@2026 FORUM CENDEKIA. Corresponding Author : Muhammad Tayeb Mustamin

Email address : m.tayebmustamin@unkhair.ac.id

menggunakan metode statistik deskriptif untuk mengidentifikasi fluktuasi kenyamanan termal di Masjid Kesultanan Ternate. Selain itu, data tersebut akan diolah untuk menghasilkan *PMV* dan *PPD*, yang memberikan gambaran mengenai tingkat kenyamanan termal berdasarkan standar internasional.

2. Analisis Kualitatif

Data wawancara dan observasi akan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik, di mana peneliti akan mengidentifikasi tema-tema utama terkait persepsi jamaah terhadap kenyamanan termal dan efektivitas ventilasi alami di masjid. Hasil analisis kualitatif ini akan digunakan untuk mendalami lebih lanjut faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal berdasarkan pengalaman langsung jamaah.

3. Kesimpulan dari Metode Penelitian

Pendekatan mix method yang digunakan dalam penelitian ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran yang lebih holistik mengenai kenyamanan termal di Masjid Kesultanan Ternate. Dengan menggabungkan data kuantitatif yang objektif dengan data kualitatif yang mendalam, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi desain yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam menciptakan kenyamanan termal, serta memberikan kontribusi pada pemeliharaan bangunan bersejarah seperti masjid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ventilasi alami dalam menciptakan kenyamanan termal di Masjid Kesultanan Ternate. Pengukuran suhu, kelembapan, dan kecepatan aliran udara dilakukan pada berbagai waktu (pagi, siang, sore) untuk memahami fluktuasi kenyamanan termal dalam ruang ibadah. Selain itu, wawancara dengan jamaah memberikan perspektif kualitatif mengenai persepsi mereka terhadap kenyamanan ruang masjid. Berdasarkan data yang dikumpulkan, berikut adalah hasil yang diperoleh:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu, Kelembapan, dan Kecepatan Aliran Udara di Masjid Kesultanan Ternate

Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Kecepatan Angin (m/s)
Pagi	28.5	75	0.05
siang	31.2	70	0.07
sore	29.8	80	0.10

Sumber: Penulis, 2025

Suhu yang tercatat di masjid selama siang hari menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan pagi dan sore hari. Pada waktu siang, suhu mencapai 31,2°C, yang dapat dianggap tidak nyaman bagi sebagian jamaah, terutama karena kelembapan yang juga lebih tinggi (70%) pada jam-jam tersebut. Kecepatan aliran udara yang tercatat juga menunjukkan peningkatan pada sore hari, yang dapat dihubungkan dengan efek alami dari pergerakan udara akibat perbedaan suhu luar yang lebih rendah di malam hari.

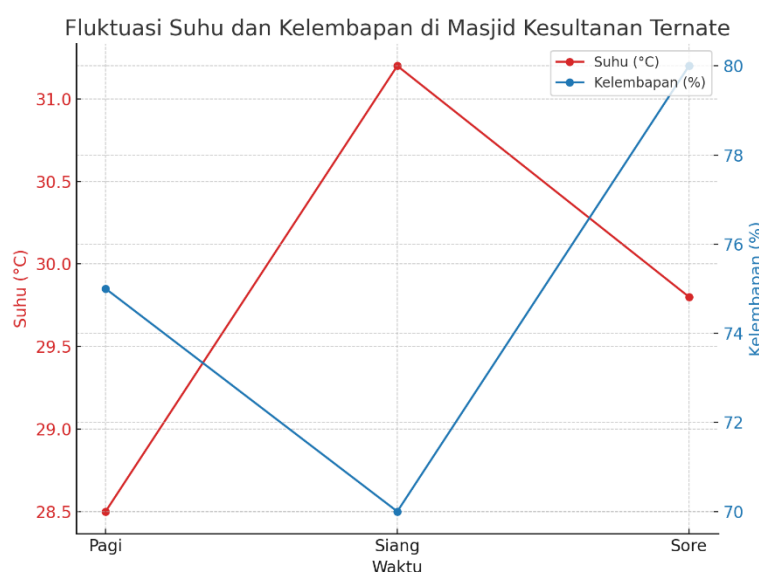
Tabel 3. Indeks Kenyamanan Termal (PMV dan PPD) Berdasarkan Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Waktu	PMV	PPD (%)
Pagi	-0.5	10
siang	1.2	35
sore	-0.2	5

Sumber : Penulis, 2025

Berdasarkan hasil pengukuran PMV (Predicted Mean Vote) dan PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), ditemukan bahwa pada waktu siang, nilai PMV mencapai 1.2, yang menunjukkan bahwa ruang masjid berada dalam kondisi sedikit panas dan cenderung tidak nyaman. PPD yang tercatat sebesar 35% pada siang hari juga menunjukkan bahwa sebagian besar jamaah merasa tidak nyaman pada saat tersebut. Sebaliknya, pada pagi dan sore hari, nilai PMV yang lebih rendah dan PPD yang lebih rendah (10% dan 5%) menunjukkan tingkat kenyamanan yang lebih baik.

Gambar 1. Fluktuasi suhu dan kelembapan di Masjid Kesultanan Ternate



Pada gambar 1 menunjukkan fluktuasi suhu dan kelembapan di Masjid Kesultanan Ternate pada waktu pagi, siang, dan sore. Grafik ini menggambarkan perubahan suhu (dalam °C) dan kelembapan (dalam %) sepanjang hari, yang dapat membantu untuk menganalisis kenyamanan termal di ruang ibadah masjid berdasarkan pengukuran yang dilakukan.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran suhu, kelembapan, dan kecepatan aliran udara yang dilakukan di Masjid Kesultanan Ternate, dapat dilihat bahwa ventilasi alami yang ada saat ini memberikan efek yang cukup signifikan terhadap kenyamanan termal di ruang ibadah. Secara umum, kenyamanan termal di masjid sangat dipengaruhi oleh waktu pengukuran, yang selaras

dengan temuan dalam penelitian sebelumnya yang menunjukkan fluktuasi suhu dan kelembapan di daerah tropis bergantung pada waktu dan arah angin (Fauzi & Santosa, 2024).

Analisis Data Kuantitatif

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada waktu siang, suhu dan kelembapan cenderung lebih tinggi, yang berdampak pada nilai PMV yang menunjukkan ketidaknyamanan. Hal ini sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya oleh Setiawan dan Sugiarto (2022), yang menekankan bahwa suhu dan kelembapan yang tinggi selama siang hari dapat menyebabkan penurunan kenyamanan dalam bangunan tropis jika tidak diimbangi dengan ventilasi alami yang efektif. Meskipun terdapat peningkatan kecepatan aliran udara pada sore hari (0,10 m/s), kenyamanan termal yang lebih baik juga tercapai pada waktu tersebut. Ini menunjukkan bahwa angin sore yang lebih sejuk berkontribusi pada peningkatan kenyamanan.

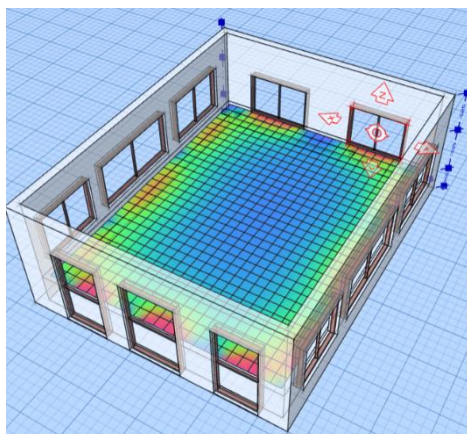
Analisis Data Kualitatif

Berdasarkan wawancara dengan jamaah, sebagian besar responden merasa kurang nyaman pada saat sholat siang, terutama karena suhu yang panas dan udara yang terasa pengap. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran suhu dan kelembapan yang lebih tinggi pada siang hari. Beberapa responden juga menyarankan agar ventilasi alami, terutama pada bagian jendela dan ventilasi atas, ditingkatkan untuk memaksimalkan aliran udara dan mencegah suhu tinggi yang mengganggu kenyamanan mereka. Wawancara ini memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai tantangan yang dihadapi oleh jamaah dalam hal kenyamanan termal, serta bagaimana perasaan mereka berhubungan langsung dengan desain ventilasi alami yang ada.

Pengaruh Desain Ventilasi Alami

Sebagian besar pengaruh terhadap kenyamanan termal di ruang ibadah disebabkan oleh desain ventilasi alami yang ada, terutama terkait dengan ukuran dan posisi bukaan (seperti jendela dan ventilasi atap). Penelitian oleh (Wibowo & Prabowo, 2021) menunjukkan bahwa desain bukaan yang strategis dan orientasi bangunan yang tepat sangat penting dalam menciptakan sirkulasi udara yang optimal di ruang ibadah. Meskipun ventilasi alami berfungsi untuk mengurangi ketergantungan pada sistem pendinginan mekanis, seperti yang tercatat dalam penelitian (Haryadi & Purnama, 2020), masih ada potensi untuk memperbaiki desain bukaan agar lebih maksimal dalam meningkatkan kenyamanan termal.

Gambar 2. Distribusi suhu radiasi termal di Masjid Kesultanan Ternate



Distribusi suhu atau radiasi termal yang tervisualisasi melalui peta warna pada lantai dan dinding. Peta warna ini menggambarkan variasi suhu atau kondisi termal di seluruh ruangan, dengan area yang lebih hangat ditandai dengan warna merah, sedangkan area yang lebih dingin menggunakan warna biru atau hijau.

Model ini mungkin digunakan untuk analisis kenyamanan termal atau studi aliran udara di dalam ruangan, yang penting dalam desain bangunan untuk memastikan kenyamanan penghuni dan efisiensi energi. Dalam konteks ini, distribusi warna menunjukkan titik-titik kritis di mana suhu atau radiasi termal mungkin membutuhkan perhatian lebih, misalnya untuk peningkatan ventilasi atau perbaikan desain bangunan.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan beberapa perbaikan pada desain ventilasi alami di Masjid Kesultanan Ternate. Beberapa langkah yang dapat dilakukan antara lain:

1. Meningkatkan ukuran dan jumlah bukaan untuk memaksimalkan sirkulasi udara, terutama pada sisi yang terpapar sinar matahari langsung pada siang hari.
2. Penambahan ventilasi di bagian atap yang dapat membantu mempercepat pengaliran udara panas keluar dari ruang ibadah.
3. Pemilihan material bangunan yang lebih baik dalam hal insulasi termal, seperti material yang dapat menyerap panas di siang hari dan melepaskannya saat malam hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai ventilasi alami dan kenyamanan termal di Masjid Kesultanan Ternate, dapat disimpulkan bahwa desain ventilasi alami yang ada saat ini memiliki pengaruh signifikan terhadap kenyamanan termal di ruang ibadah. Hasil pengukuran suhu dan kelembapan menunjukkan bahwa waktu siang dengan suhu tinggi dan kelembapan yang meningkat menyebabkan ketidaknyamanan, tercermin pada nilai PMV yang lebih tinggi (1,2) dan PPD yang lebih besar (35%). Sebaliknya, pada waktu pagi dan sore hari, kenyamanan termal lebih optimal dengan suhu yang lebih rendah dan kelembapan yang lebih stabil, menghasilkan nilai PMV yang lebih rendah dan PPD yang lebih kecil.

Dari wawancara dengan jamaah, sebagian besar merasa tidak nyaman pada waktu siang, yang berhubungan langsung dengan suhu yang lebih panas dan udara yang pengap. Kecepatan angin yang rendah pada pagi dan siang hari memperburuk kenyamanan termal, meskipun pada sore hari terdapat sedikit perbaikan. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan perbaikan pada desain ventilasi alami, seperti memperbesar bukaan ventilasi, meningkatkan ventilasi atap, dan menggunakan material bangunan dengan insulasi termal yang lebih baik.

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan desain masjid bersejarah yang lebih nyaman dan berkelanjutan dengan mengoptimalkan ventilasi alami, serta menambah wawasan dalam penerapan arsitektur tropis pada bangunan bersejarah di daerah dengan iklim tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Rahman, H. (2013). Evaluating the impact of natural ventilation in tropical buildings: A case study on traditional mosques. *Journal of Building Performance*, 4(3), 110–118.
- Alauddin, A., & Mustamin, T. (2020). Karakteristik Temperatur Udara Terhadap Kenyamanan Termal Di Masjid Agung Luwuk Banggai. *Jurnal Linears*, 2(2). <https://doi.org/10.26618/j-linear.v2i2.3121>
- Azkur, H. S. (2024). The effect of window configuration on passive cooling in mosque interiors. *MEGARON / Yıldız Technical University Faculty of Architecture E-Journal*, 1–12. <https://doi.org/10.14744/megaron.2024.46034>
- Azlam, M. F. F., Mokhtar, N. F., & Khalit, N. A. (2024). Kajian terhadap Reka Bentuk Seni Bina Rumah Melayu Tradisional dalam Konteks Keselesaan, Privasi, dan Kelestarian Menurut Ajaran Islam. *Jurnal Kejuruteraan*, 36(6), 2477–2501. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36\(6\)-20](https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36(6)-20)
- binti Khalit, N. A., binti Denan, Z., binti Sanusi, A. N. Z., & binti Mohd Nawawi, N. (2023). Assessment of Indoor Thermal Condition on Traditional Vernacular Masjid: A Case Study on Masjid Kampung Laut, Malaysia. *Jurnal Kejuruteraan*, 35(3), 647–655. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35\(3\)-12](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35(3)-12)
- Budi, J. B. S., Fifthariski, K., Yuliani, S., & Setyaningsih, W. (2018). STRATEGY OF GREEN DESIGN IMPLEMENTATION FOR OPTIMIZING OF THE NATURAL VENTILATION AT HIGH-RISE BUILDING. *Arsitektura*, 16(2), 155. <https://doi.org/10.20961/arst.v16i2.20780>
- Fatimah, W., & Yusoff, M. (2020). Initial assessment of indoor environmental condition and thermal comfort of Malaysia heritage mosque. *J Eng*, 32.
- Gauzin-Müller, D. (2002). *Architecture and sustainable development: A historical perspective*. Springer.
- Givoni, B. (1994). *Passive and active environmental control in architecture*. Van Nostrand Reinhold.
- Gupta, A., & O'Neill, Z. (2018). Enhancing natural ventilation in tropical climates: The role of ceiling fans and open window strategies. *Building and Environment*, 138, 82–92.
- Hadi, D. S. N., Supriyanta, S., & Wibowo, M. F. R. (2023). Efektivitas Penghawaan Alami dalam Kenyamanan Termal: Intervensi Fasad dan Teknologi Eco-Cooler pada Ruang Aula. *Sinektika Jurnal Arsitektur*, 20(1), 7–14. <https://doi.org/10.23917/sinektika.v20i1.19207>
- Hakim, B. R., Asvitasari, A., & Pangasih, F. (2024). Optimasi Pencahayaan Alami pada Masjid Konsep Terbuka di Samarinda. *Arsitektura*, 22(1), 55. <https://doi.org/10.20961/arst.v22i1.80066>
- Hamzah, B., Rahim, M. R., Ishak, M. T., & Sahabuddin. (2018). Kinerja Sistem Ventilasi Alami Ruang Kuliah. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 6(1), 24–31. <https://doi.org/10.32315/jlbi.6.1.51>

- Harsritanto, B. I. R., Nugroho, S., Ghafirin, M. D. A., & Prabowo, A. R. (2019). Did We Need Low Energy Campus Mosque? *E3S Web of Conferences*, 125, 8001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912508001>
- Haryadi, S., & Purnama, A. (2020). Peran material bangunan dalam kenyamanan termal bangunan tropis. *Jurnal Arsitektur Tropis*, 12(3), 45–56.
- Hassin, N. S. F. N., & Misni, A. (2023). The Evaluation on Thermal Performance of Rumah Negeri Sembilan Berserambi Dua dan Beranjung. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 10(2), 11–23. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v10.n2.1054>
- Hendrawati, D. (2016). AIR SEBAGAI ALAT PENGENDALI IKLIM MIKRO DALAM BANGUNAN Studi Kasus : Taman Sari Royal Heritage Spa, Hotel Sheraton Mustika Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 18(2), 97–106. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v18i2.7477>
- Kusyanto, M., Sinaga, I. A., Triyadi, S., Faisal, B., Wonorahardjo, S., & Jurizat, A. (2019). Space Quality of Two Indonesian Mosques: Architectural Style, Development Process and Environmental Condition. *American Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 23–41. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2019.23.41>
- Mohammad Yusoff, W. F. (2021). Indoor Thermal Comfort in Modern Mosque of Tropical Climate. *Iconarp International J. of Architecture and Planning*, 9(2), 720–741. <https://doi.org/10.15320/iconarp.2021.178>
- Mohammed, A. G., Gawad, A. F. A., & Nassief, M. (2020). Computational and Experimental Investigations of the Impacts of Window Parameters on Indoor Natural Ventilation in “Sultan Al-Ashraf Qaytbay” Mosque. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 69(2), 19–41. <https://doi.org/10.37934/arfmts.69.2.1941>
- Muneer, T., Abdullah, M., & Rahman, H. (2016). Thermal comfort and natural ventilation in mosques: A review of case studies in hot-humid climates. *Energy and Buildings*, 123, 147–158.
- Mustamin, T., & quraisy, S. (n.d.). Pengaruh Luas Ventilasi Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Kelas ? *Sipil Sains*, 64–75.
- Nawayai, S. S. M., Denan, Z., & Majid, N. H. A. (2020). READAPTATION OF MALAY VERNACULAR ARCHITECTURE FOR INDOOR THERMAL COMFORT IN MODERN MASJIDS TOWARDS A SUSTAINABLE DESIGN. *PLANNING MALAYSIA*, 18(12). <https://doi.org/10.21837/pm.v18i12.751>
- Nawayai, S. S. M., Denan, Z., Sanusi, A. N. Z., & Nawawi, N. M. (2023). Evaluating the Impact of Vernacular Façade Design on Indoor Thermal Performance in Malaysia’s Modern Masjids. *International Journal of Environment Architecture and Societies*, 3(1), 44–58. <https://doi.org/10.26418/ijeas.2023.3.01.44-58>
- Nordin, N. I., & Misni, A. (2017). A Comparative Study on the Indoor Thermal Performance of New and Old Mosques. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 2(5), 23. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v2i5.677>
- Omer, A. M. (2008). Renewable energy and sustainable building design in tropical climates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(4), 1037–1048.

- Pratama, D. A., & Budiono, I. Z. (n.d.). Perancangan Jendela dan Partisi Pembatas dengan Pertimbangan Kenyamanan Termal. *Jurnal Desain Interior*, 6(2), 55–64.
- Rahman, N. M. A., Abdullah, M. S. I., & Haw, L. C. (2021). Evaluation of Green Elements and Thermal Comfort Condition of Assyafaah Mosque, Singapore. *Journal of Applied Science & Process Engineering*, 8(2), 913–934. <https://doi.org/10.33736/jaspe.3434.2021>
- Ratnasari, A., & Asharhani, I. S. (2021). Aspek Kualitas Udara, Kenyamanan Termal Dan Ventilasi Sebagai Acuan Adaptasi Hunian Pada Masa Pandemi. *Arsir*, 24. <https://doi.org/10.32502/arsir.v0i0.3646>
- Rauzi, E. N., Hasan, I., & Sari, L. H. (2022). Climate-Responsiveness Embodied in Modern Mosque Design. *Elkawanie*, 7(2), 288. <https://doi.org/10.22373/ekw.v7i2.9138>
- S.C. (n.d.). *Turner, et al. Ashrae 55-2010 Encyclopedia of Finance* (p. 227).
- Salim, S. A., Sulaiman, S., & Ali, A. (2017). Ventilating mosques for thermal comfort: A case study of mosques in tropical climates. *International Journal of Ventilation*, 16(1), 25–35.
- Saraswati, A. A. A. O., Hildegardis, C., & Primayatna, I. B. G. (2023). SENSATION ON FEET COOLING WITH THERMAL COMFORT IN A PORUS WALLED ROOM. *Journal CleanWAS*, 7(2), 48–54. <https://doi.org/10.26480/jcleanwas.02.2023.48.54>
- Shafa, A., Hardiman, G., & Budi, W. S. (2023). Kajian Sistem Penghawaan terhadap Kenyamanan Termal pada Rumah Produksi Tenun Bukan Mesin. *Arsitektura*, 21(1), 1. <https://doi.org/10.20961/arst.v21i2.63117>
- She, C., Wang, Z., Yao, K. B., Yuan, W., & Sun, F. (2024). Analysis and Optimization of Varying Door and Windows Opening on Energy Consumption and Thermal Comfort in Air-Conditioner Office. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 17(3), 217–227. <https://doi.org/10.25103/jestr.173.22>
- Soebarto, V., & Ranjitkar, P. (2012). The use of passive cooling techniques in the design of sustainable buildings in the tropics. *Architectural Science Review*, 55(4), 260–268.
- Soebiyanto, V., Koerniawan, M. D., & Triyadi, S. (2023). A review of hybrid ventilation on humid tropics climate. In *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* (Vol. 1169, Issue 1, p. 12054). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012054>
- Susilo, A., & Prianto, E. (2023). KINERJA TERMAL SERAMBI PADA ARSITEKTUR VERNAKULAR KASUS STUDI: MUSEUM NILA DI PROVINSI RIAU. *Nature National Academic Journal of Architecture*, 10(1), 55–64. <https://doi.org/10.24252/nature.v10i1a5>
- Tayeb, M., Rahim, R., & Baharuddin. (2016). Pengaruh Luasan Bukaannya Terhadap Kenyamanan Termal Ruang Kelas Siswa Pada Bangunan Sd Negeri Sudirman 1 Kota Makassar. *Jurnal*, 55(1970), 480–485.
- Wibowo, D. R., & Prabowo, H. (2021). Evaluasi sistem ventilasi alami pada bangunan bersejarah di Indonesia: Studi kasus masjid dan keraton. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan*, 14(2), 89–104.

- Yulita, R. A., Hardiman, G., & Setyowati, E. (2023). PENGHAWAAN ALAMI DAN KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID KHALID AL-NAQOBI. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 7(2), 349. <https://doi.org/10.31848/arcade.v7i2.3173>
- Zakaria, A. S., Mohamed, M. F., Yusoff, W. F. M., Samad, N. A. A., Manaf, M. Z. A., & Maghrabi, A. (2024). Strategi Reka Bentuk Pasif bagi Keselesaan Dalam Masjid: Kajian Kes Masjid UKM. *Jurnal Kejuruteraan*, 36(6), 2549–2562. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36\(6\)-24](https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36(6)-24)