Analisis Kenyamanan *Thermal* pada Ruang Dalam Masjid AgungTuban Menggunakan Simulasi *Software Ecotect Analysis*

Hoirul Anam[1], Hammam Rofiqi Agustapraja [2]
[1,2] Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan, Indonesia
Email: [1]anamhecker87@gmail.com, [2]hammamrofiqi@unisla.ac.id

Abstract. *Indonesia experiences a humid tropical climate, leading to generally high temperatures and low wind speeds. This climate affects the comfort levels within mosques. Room comfort is essential as it can enhance an individual's health, comfort, and productivity. The purpose of this study is to assess the comfort level of the Tuban Grand Mosque in the Tuban Regency and to conduct modification simulations using Ecotect Analysis Software. The research involved direct field measurements, including temperature, humidity, and light intensity assessments. Subsequently, modifications to materials and ventilation openings were implemented using the Ecotect Analysis Software. The Tuban Grand Mosque fails to meet the criteria for thermal comfort. Modifications were made using timber-clad masonry (plastered brick with a marble layer) and Concrete Block Plaster (plastered concrete walls). The simulation results for the Timber Clad Masonry indicate a Mean Radiant Temperature (MRT) of 25.79 °C. Additionally, the results of the percent dissatisfaction (PPD) test show a rate of 94.52%, indicating that 94.52% of the occupants are satisfied with the thermal comfort. The solar gain value for the room is recorded at 87.25 watts, suggesting that the heat load from sunlight is perceived as warm by the occupants.*

Keywords: *Tuban, Interior Comfort, Mosque, Ecotect Analysis Software*

Abstrak. *Indonesia memiliki iklim tropis lembap, yang menyebabkan suhu udara relatif tinggi dan kecepatan angin cenderung rendah. Kondisi ini berdampak pada kurang optimalnya tingkat kenyamanan termal di dalam masjid. Kenyamanan ruang sangat berpengaruh terhadap kesehatan, kesejahteraan, dan produktivitas individu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kenyamanan termal di dalam Masjid Agung Tuban yang berlokasi di Kabupaten Tuban serta mengevaluasi potensi perbaikan melalui simulasi modifikasi menggunakan Software Ecotect Analysis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengukuran langsung suhu dan kelembapan udara di lokasi. Selanjutnya, dilakukan modifikasi terhadap material dinding dan sistem ventilasi menggunakan Software Ecotect Analysis untuk menilai efektivitas perubahan tersebut dalam meningkatkan kenyamanan termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal masjid belum sepenuhnya memenuhi standar kenyamanan termal. Modifikasi dilakukan dengan menerapkan dua jenis material dinding alternatif, yaitu Timber Clad Masonry (dinding batu bata berplaster dengan lapisan marmer) dan Concrete Block Plaster (dinding beton dengan lapisan plester). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan Timber Clad Masonry menghasilkan nilai Mean Radiant Temperature (MRT) sebesar 25,79°C. Selain itu, uji Predicted Percentage Dissatisfaction (PPD) menunjukkan tingkat kepuasan termal sebesar 94,52%, yang berarti mayoritas penghuni merasa nyaman dengan kondisi tersebut. Nilai solar gains dalam ruangan tercatat sebesar 87,25 watt, yang menunjukkan bahwa beban panas akibat radiasi matahari masih berada dalam batas yang memberikan sensasi hangat bagi penghuni.*

Kata Kunci: Tuban, Kenyamanan Ruang, Masjid, *Software Ecotect Analysis*

1. Pendahuluan

Indonesia terletak di iklim tropis lembab, yang mengakibatkan suhu cenderung tinggi dan kecepatan angin yang rendah. Kondisi ini berdampak pada ketidakmampuan untuk mencapai kenyamanan ruang di dalam masjid. Kenyamanan ruangan dapat meningkatkan kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas individu, terutama di ruang publik, ruang kerja, ruang kesehatan, dan lainnya (Paquita, 2023). Dalam konteks ini, suhu tubuh seseorang bervariasi tergantung pada tingkat aktivitas yang dilakukan. Tingkat kenyamanan yang memuaskan juga berbeda-beda berdasarkan aktivitas yang dilakukan. Oleh karena itu, tingkat kenyamanan ruangan perlu disesuaikan dengan jenis aktivitas yang akan berlangsung di dalamnya agar dapat memenuhi kebutuhan yang ada (Hanifah, 2021).

Masjid adalah fasilitas publik yang sangat penting dan sering digunakan untuk beribadah oleh umat Muslim, sehingga aspek kenyamanan ruang di dalam masjid harus diperhatikan(Azmi & Ibrahim, 2020). Penelitian ini difokuskan pada masjid yang berada di Kota Tuban, khususnya Masjid Agung Tuban, karena terdapat makam salah satu Wali Songo di belakang masjid tersebut. Kenyamanan termal memiliki pengaruh besar terhadap kondisi di dalam suatu ruangan dalam sebuah bangunan (Sugini et al., 2017), yang pada gilirannya dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas dan kinerja penggunanya. Sebuah bangunan juga harus menyediakan ruang yang nyaman untuk beraktivitas bagi penggunanya, termasuk dalam hal kenyamanan termal, agar mereka terlindungi dari kondisi iklim yang tidak menguntungkan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa aktivitas di dalam bangunan dapat berlangsung secara optimal (Syamsiyah & Nur Izzati, 2021).

Penelitian telah dilakukan di salah satu masjid di Jawa Timur, yaitu Masjid Agung Tuban, sebagai studi kasus. Penyebaran udara di dalam ruangan tidak merata disebabkan oleh adanya pepohonan yang menghalangi jendela, sehingga udara tidak dapat masuk dengan optimal (Siola & Apriyanto, 2022). Penggunaan bahan material juga dapat memengaruhi perubahan kenyamanan termal dalam suatu bangunan (Muharrommah & Indrawati, 2023). Ketidaknyamanan ruang di dalam masjid disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang, termasuk masalah jendela yang tidak mampu mendukung sirkulasi udara yang baik di dalam ruangan, yang pada dasarnya mengakibatkan udara panas terperangkap dan mengurangi aliran udara segar (Nik Hassin et al., 2023; Widyakusuma & Zainoeddin, n.d.).

Berdasarkan hasil pengamatan penulis di lapangan, Masjid Agung Tuban telah menggunakan kipas angin dan AC sebagai solusi untuk mengatasi ketidaknyamanan ruang. Meskipun penggunaan AC dapat memberikan udara sejuk dan membuat jamaah merasa nyaman, hal ini juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Ninaputri & Nurjayanti, n.d.). Di sisi lain, meskipun kipas angin lebih ramah lingkungan, masih ada keluhan mengenai rasa panas di dalam masjid meskipun kipas angin telah dioperasikan. Gangguan yang disebabkan oleh suhu udara yang tinggi di dalam masjid dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti posisi jendela dan orientasi masjid .(Agustapraja & Maulidina, 2019)

Software Ecotect Analysis adalah aplikasi yang dapat mensimulasikan penggantian bahan material. Hasil simulasi ditunjukkan dengan perubahan warna termal pada kondisi ruangan yang diteliti. *Software* ini telah digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya (Alauddin & Mustamin, 2019). Oleh karena itu, penggunaan simulasi *Ecotect Analysis* dapat membantu dalam perencanaan material, di mana pengaruh penggantian material tersebut dapat meningkatkan kenyamanan ruang di Masjid Agung Tuban yang disebabkan oleh nilai konduktivitas material yang digunakan(Ting, 2011). Dengan demikian, diperlukan penelitian untuk menganalisis kenyamanan ruang melalui pengukuran suhu dan kelembapan di dalam masjid serta melakukan simulasi modifikasi menggunakan *Software Ecotect Analysis* (Arifin et al., n.d.).

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat utama, yaitu:

1. ***Termo-hygrometer*** (HTC-2) – Digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, baik di dalam maupun di luar ruangan.
2. Anemometer Digital – Digunakan untuk mengukur kecepatan angin di lokasi penelitian.

3. *Software Ecotect Analysis* 2011 – Digunakan untuk simulasi kenyamanan termal berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran lapangan.



Gambar 1. *termo-hygrometer*



Gambar 2. *anemometer*

Alat-alat tersebut digunakan dalam rangka memperoleh data yang akurat mengenai kondisi termal di Masjid Agung Tuban. *Termo-hygrometer* dan *anemometer* digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan, sementara *Software Ecotect Analysis* 2011 digunakan untuk menganalisis serta mengevaluasi pengaruh material bangunan terhadap kenyamanan termal.

2.2. Prosedur Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengukuran Lapangan

Pengukuran suhu udara dilakukan menggunakan dua termometer sebagai pembanding untuk memastikan akurasi data. Pengukuran dilaksanakan di enam titik yang memiliki aktivitas tinggi, yaitu di area jamaah pria dan wanita. Termometer ditempatkan pada ketinggian 1 meter dari lantai dan dijaga agar tidak terpapar langsung oleh sinar matahari. Pengukuran dilakukan tanpa adanya pengaruh pendingin udara (AC) untuk memastikan kondisi alami ruangan. Waktu pengukuran berlangsung dari pukul 04.00 hingga 20.00 selama satu hari penuh untuk mendapatkan data yang komprehensif. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar **SNI 03-6572-2001** (Badan Standardisasi Nasional, 2001), yang menetapkan rentang kenyamanan termal pada suhu efektif **20,5 – 22,8 °C**..

2. Pengukuran Kelembapan Udara

Pengukuran dilakukan menggunakan dua termometer sebagai alat pembanding untuk memastikan keakuratan data yang diperoleh. Data kelembapan udara yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan standar SNI 03-6572-2001, yang merekomendasikan kelembapan relatif ideal dalam rentang 60%-70%. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah kondisi kelembapan di ruangan telah memenuhi standar kenyamanan yang ditetapkan.

3. Simulasi *Ecotect Analysis 2011*

Simulasi *Ecotect Analysis* 2011 diawali dengan pembuatan model bangunan masjid menggunakan *Software SketchUp,* yang kemudian diekspor dalam format DXF untuk diimpor ke dalam *Ecotect Analysis 2011*. Model bangunan tersebut didefinisikan berdasarkan elemen-elemen konstruksi seperti dinding, lantai, jendela, dan pintu. Simulasi dilakukan dengan menggunakan parameter utama, yaitu *Mean Radiant Temperature* (MRT) dan *Predicted Percentage Dissatisfaction* (PPD)(Hermawan et al., 2020; Pourshaghaghy & Omidvari, 2012; Shaeri & Mahdavinejad, 2022), untuk mengevaluasi kenyamanan termal ruangan. Modifikasi dilakukan dengan mengganti bahan material dan mengubah konfigurasi ventilasi guna menganalisis dampaknya terhadap kenyamanan termal. Hasil simulasi kemudian dibandingkan untuk menentukan material dan desain bangunan yang paling optimal dalam meningkatkan kenyamanan termal di dalam masjid.

Tabel 1 Kondisi Aktualisasi dan Modifikasi Simulasi Ecotect Analysis

Parameter	Material		
	Aktual	Modifikasi 1	Modifikasi 2
Dinding	Batu bata berplaster	Timber Clad Masonry	Concrete Block Plaster
Visualal	Jendela Eksisting	Penambahan Jumlah Jendela	Penambahan Jumlah Jendela

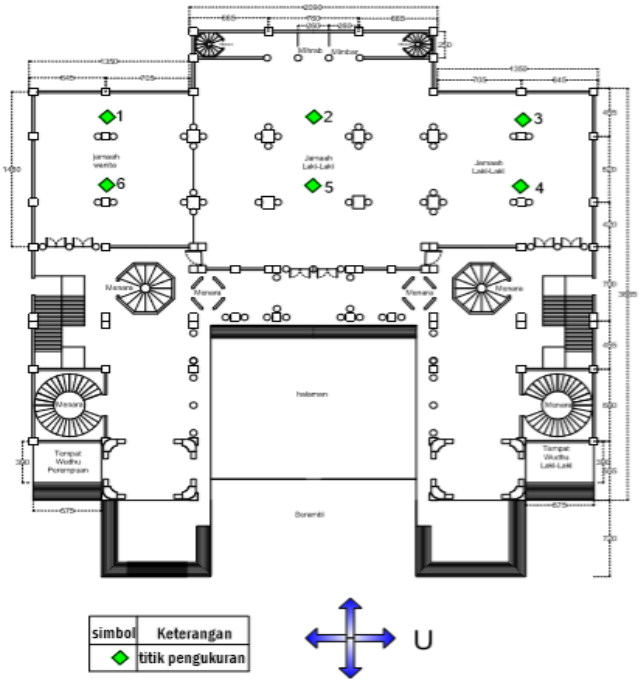
Tabel 1 menerangkan bahwa Pada penelitian ini, simulasi dilakukan dengan membandingkan kondisi aktual dengan dua skenario modifikasi. Pada kondisi aktual, material dinding yang digunakan adalah batu bata berplaster. Modifikasi pertama dilakukan dengan mengganti material dinding menjadi *Timber Clad Masonry*, sementara pada modifikasi kedua, dinding diganti dengan *Concrete Block Plaster*. Perubahan ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak berbagai material terhadap kenyamanan termal ruangan.

Selain perubahan material dinding, modifikasi juga dilakukan pada aspek visual bangunan, khususnya pada jumlah jendela. Pada kondisi aktual, jumlah jendela mengikuti desain eksisting masjid. Modifikasi pertama melibatkan penambahan jumlah jendela untuk meningkatkan ventilasi alami dan pencahayaan. Modifikasi kedua juga menerapkan penambahan jumlah jendela, dengan tujuan untuk melihat sejauh mana peningkatan jumlah bukaan dapat berkontribusi terhadap kenyamanan termal dalam ruangan.

2.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruang utama lantai 1 Masjid Agung Tuban pada bulan Mei 2024. Titik pengukuran di dalam masjid ditentukan berdasarkan area dengan tingkat aktivitas yang tinggi. Posisi titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.

Melalui prosedur ini, penelitian bertujuan untuk mengevaluasi kenyamanan termal di dalam Masjid Agung Tuban serta memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh menggunakan *Ecotect Analysis 2011.*



Gambar 3. Denah Masjid Agung Tuban dan Titik Pengukuran

3. Hasil & Diskusi/ Pembahasan

3.1 Kondisi Termal di Lapangan

Kondisi termal bangunan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu / temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, temperature radiasi, aktivitas serta insulasi pakaian pengguna. Diantara faktor-faktor tersebut, suhu udara merupakan faktor yang paling dominan dalam menentukan kondisi kenyamanan termal. (Dewi Puspitorini et al., n.d.) Data – data ini digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting ruang dalam Masjid Agung Tuban. Data tersebut diperoleh dari pengukuran lapangan secara langsung pada tanggal 21 – 23 Mei 2024. Pengukuran dilakukan pada lantai 1, shof bagian depan. Terdapat 10 titik pengukuran dalam ruangan, yang mana jarak antara titik 1 dengan titik lain yaitu 9 meter. Pada saat pengukuran alat pendingin dalam kondisi menyala atau *on.* Hasil rata – rata temperatur dan kelembaban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Rata- Rata Kelembapan Udara 1 & 2

Pukul	Kelembapan Udara (%) Titik					
	1	2	3	4	5	6
04.00-05.00	52.5	53.5	55.5	57.5	56	55
11.30-12.30	49	48	51	51.5	54	46
14.30-15.30	49	49.5	50	50.5	51	48
17.00-18.00	50	50	47.5	42.5	42	51
19.00-20.00	46.5	45	44	43	41	47

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata kelembapan udara (dalam persentase) yang diukur di 6 titik pengukuran di dalam Masjid Agung Tuban pada rentang waktu tertentu selama satu hari. Pengukuran dilakukan mulai pukul 04.00-05.00 hingga 19.00-20.00. Pada pukul 04.00-05.00, kelembapan udara relatif tinggi, berkisar antara 52,5% hingga 57,5%, dengan titik 4 mencatat kelembapan tertinggi (57,5%) dan titik 1 terendah (52,5%). Pada pukul 11.30-12.30, kelembapan udara mulai menurun, dengan kisaran 46% hingga 54%, di mana titik 6 memiliki kelembapan terendah (46%) dan titik 5 tertinggi (54%). Selanjutnya, pada pukul 14.30-15.30, kelembapan udara cenderung stabil, berkisar antara 48% hingga 51%, dengan titik 6 kembali mencatat kelembapan terendah (48%) dan titik 5 tertinggi (51%). Pada pukul 17.00-18.00, kelembapan udara turun secara signifikan, dengan kisaran 42% hingga 51%, di mana titik 4 dan 5 mencatat kelembapan terendah (42,5% dan 42%). Terakhir, pada pukul 19.00-20.00, kelembapan udara semakin menurun, berkisar antara 41% hingga 47%, dengan titik 5 mencatat kelembapan terendah (41%) dan titik 6 tertinggi (47%). Secara umum, kelembapan udara di Masjid Agung Tuban masih berada dalam batas yang diizinkan menurut SNI 03-6572-2001, yaitu 40%-60%, meskipun terdapat fluktuasi sepanjang hari.

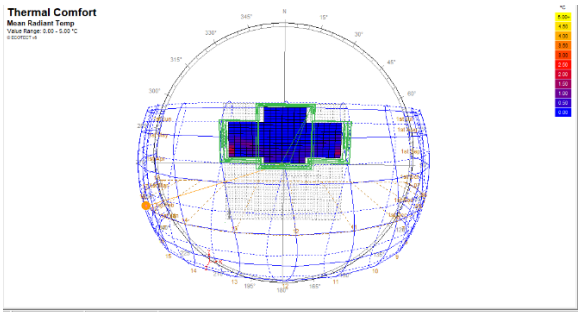
Berdasarkan SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung, rentang temperatur efektif yang dianggap nyaman secara termal untuk daerah tropis adalah antara 20,5°C hingga 27,1°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Masjid Agung Tuban belum memenuhi standar kenyamanan termal yang ditetapkan oleh SNI tersebut. Rentang suhu yang termasuk dalam kategori hangat nyaman adalah 25,8°C hingga 27,1°C, sedangkan rata-rata suhu yang tercatat di Masjid Agung Tuban berkisar antara 30,47°C hingga 33,10°C. Hal ini diduga disebabkan oleh masuknya panas matahari ke dalam ruangan dengan mudah, sehingga menunjukkan bahwa kondisi termal di masjid tersebut belum memenuhi standar kenyamanan yang disyaratkan.

Selain itu, SNI 03-6572-2001 juga menetapkan bahwa kelembapan relatif udara yang ideal untuk sebuah ruangan adalah 40%-50%. Namun, untuk ruangan dengan kepadatan penghuni yang tinggi, nilai kelembapan relatif masih diizinkan berada pada kisaran 55%-60%. Hasil pengukuran

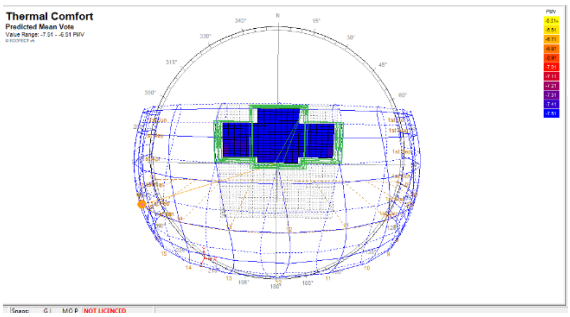
menunjukkan bahwa Masjid Agung Tuban masih berada dalam batas mutu yang diizinkan berdasarkan standar tersebut.

3.2 Simulasi *Ecotect Analysis* Kondisi Aktual

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Software Ecotect Analysis* (Gambar 4), diperoleh nilai *Mean Radiant Temperature (MRT)* di Masjid Agung Tuban sebesar 32,15°C. Menurut SNI 03-6572-2001, batas temperatur efektif untuk kategori hangat nyaman adalah 27,1°C. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi termal di Masjid Agung Tuban masih berada di atas ambang batas yang diizinkan.



Gambar 4. Simulasi visual MRT Masjid Agung Tuban



Gambar 5. Simulasi PMV Pada Masjid Agung

Selain itu, hasil simulasi juga menghasilkan nilai *Predicted Mean Vote (PMV).* Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa 86% pengunjung merasa tidak puas dengan tingkat kenyamanan termal di ruang utama Masjid Agung Tuban. Sementara itu, hanya 27% yang merasa tidak puas terhadap kenyamanan ruang masjid secara umum. Hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian besar pengunjung merasakan ketidaknyamanan termal di dalam ruangan masjid.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Masjid Agung Tuban belum memenuhi standar kenyamanan termal yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001, terutama dalam hal temperatur efektif dan tingkat kepuasan pengunjung terhadap kondisi termal ruangan.



Gambar 6. Ruang Utama



Gambar 7. Tampak Depan

Masjid Agung Tuban telah mengalami beberapa tahap pembangunan dan saat ini sedang menjalani renovasi kecil di beberapa bagian. Secara keseluruhan, pembangunan masjid telah mencapai 98%, menunjukkan bahwa kondisi bangunan hampir sepenuhnya selesai. Ruangan-ruangan di Masjid Agung Tuban, seperti halnya masjid pada umumnya, dilengkapi dengan fasilitas pendingin berupa kipas angin dan AC untuk menjaga kenyamanan suhu ruangan. Berikut adalah gambaran kondisi bangunan Masjid Agung Tuban.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Masjid Agung Tuban belum sepenuhnya memenuhi standar kenyamanan termal yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001. Rata-rata suhu di dalam ruangan masjid berkisar antara 30,47°C hingga 33,10°C, melebihi batas temperatur efektif nyaman untuk daerah tropis, yaitu 20,5°C hingga 27,1°C. Hal ini diduga disebabkan oleh masuknya panas matahari ke dalam ruangan dengan mudah. Meskipun kelembapan relatif udara masih berada dalam batas yang diizinkan (55%-60%), kondisi termal ruangan secara keseluruhan belum optimal.

Hasil simulasi menggunakan Software Ecotect Analysis menunjukkan nilai Mean Radiant Temperature (MRT) sebesar 32,15°C, yang masih di atas ambang batas nyaman (27,1°C). Selain itu, hasil simulasi juga mengindikasikan bahwa 86% pengunjung merasa tidak puas dengan kenyamanan termal di ruang utama masjid. Dengan demikian, diperlukan upaya perbaikan, seperti modifikasi material bangunan dan sistem ventilasi, untuk meningkatkan kenyamanan termal di Masjid Agung Tuban agar sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Referensi

Agustapraja, H. R., & Maulidina, Y. (2019). Morfologi Arsitektur Dan Transformasi Fisik Masjid Agung Lamongan. *Jurnal Teknika*, *11*(2), 1104. https://doi.org/10.30736/jt.v11i2.340

Alauddin, A., & Mustamin, T. (2019). Karakteristik Temperatur Udara Terhadap Kenyamanan Termal Di Masjid Agung Luwuk Banggai. *Jurnal Linears*, *2*(2), 49–54.

Amelia Nur Hanifah Mahasiswa Magister Sejarah Peradaban Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, N., & Windari Mahasiswa Magister Sejarah Peradaban Islam UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, S. (2021). Masjid Agung Tuban: Studi Tentang Fungsi Dalam Kehidupan Sosial Kemasyarakatan 2004-2020. In *Journal of Islamic History* (Vol. 1, Issue 1).

Arifin, I. N., Terhadap, B., Termal, K., Masjid, P., Sudirman, J., & Syarif Hidayat, M. (n.d.). *PENGARUH BUKAAN TERHADAP KINERJA TERMAL PADA MASJID JENDRAL SUDIRMAN*.

Azmi, N. A., & Ibrahim, S. H. (2020). A comprehensive review on thermal performance and envelope thermal design of mosque buildings. *Building and Environment*, *185*, 107305. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107305

Badan Standardisasi Nasional. (2001). *SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*.

Dewi Puspitorini, H., Hardiman, G., Setyowati, E., Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro, P., Besar Jurusan Arsitektur, G., & Jurusan Arsitektur, D. (n.d.). *KENYAMANAN THERMAL PADA MASJID AL IRSYAD KOTABARU PARAHYANGAN, JAWA BARAT*.

Hermawan, Sunaryo, & Kholil, A. (2020). The analysis of thermal performance of vernacular building envelopes in tropical high lands using Ecotect. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *423*(1), 012004. https://doi.org/10.1088/1755-1315/423/1/012004

Karen Ninaputri, S., & Nurjayanti, W. (n.d.). *EVALUASI KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID SAKINAH DI PERUMAHAN GRIYA SAKINAH*. http://siar.ums.ac.id/

Muharrommah, A., & Indrawati, I. (2023). Kenyamanan Termal pada Masjid Agung Keraton Surakarta. *Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur*, 150–157.

Nik Hassin, N. S. F., Misni, A., Buyadi, S. N. A., & Lesan, M. (2023). Investigation of Thermal Comfort for ANaturally Ventilated House: Correlation between Climatic Design Strategy and Thermal Data Analysis. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, *14*(5). https://doi.org/10.30880/ijscet.2023.14.05.013

Paquita, E. V. (2023). *Perbaikan Kenyamanan Termal di Masjid Agung Madaniyah Karanganyar*.

Pourshaghaghy, A., & Omidvari, M. (2012). Examination of thermal comfort in a hospital using PMV–PPD model. *Applied Ergonomics*, *43*(6), 1089–1095. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.03.010

Shaeri, J., & Mahdavinejad, M. (2022). Prediction indoor thermal comfort in traditional houses of Shiraz with PMV/PPD model. *International Journal of Ambient Energy*, *43*(1), 8316–8334. https://doi.org/10.1080/01430750.2022.2092774

Siola, A., & Apriyanto, B. (2022). EVALUASI KEYAMANAN TERMAL DENGAN MODEL STATIS PADA KANTIN KAMPUS UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, *9*(2), 289–296. https://doi.org/10.37971/radial.v9i2.252

Sugini, S., Fitriani, A. N., & Anggoman, F. R. (2017). THE THERMAL PERFORMANCE OF MOSQUE WITH DOME ROOF AND TAJUK LIMASAN (Case study: Ottoman Mosques in Turkey and Java Mosques in Indonesia). *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, *44*(1). https://doi.org/10.9744/dimensi.44.1.67-78

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

Ting, D. S.-K. (2011). Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings. *International Journal of Environmental Studies*, *68*(6), 983–993. https://doi.org/10.1080/00207233.2011.568677

Widyakusuma, A., & Zainoeddin, A. M. (n.d.). *RUANG IBADAH PADA BANGUNAN MASJID DARUL ULUM PAMULANG DITINJAU DARI SISI KENYAMANAN THERMAL*.