

PENGARUH PENGGUNAAN MATERIAL BANGUNAN TERHADAP KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID GEDHE MATARAM

Kholis Nur Santosa

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
d300180132@student.ums.ac.id

Dhani Mutiari

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
dhani.mutiari@ums.ac.id

ABSTRAK

Masjid Gedhe Mataram salah satu masjid tertua di Indonesia dengan usianya sekitar 350 tahun. Masjid tersebut masih berdiri kokoh dan layak digunakan dengan baik secara fisik. berkaitan dengan material dari bangunan tersebut yang masih asli, harus dapat memberikan kenyamanan bagi penggunanya salah satunya dari segi suhu ruangan yang baik. Untuk itu, dilakukan penelitian kenyamanan termal di Masjid Gedhe Mataram dengan tujuan menilai masjid tersebut memenuhi standar atau tidak dalam memberikan kenyamanan dalam beribadah. Penelitian menggunakan metode kuantitatif, dengan pendekatan deskriptif yang diperoleh dari deskripsi numberik dan penjelasan yang menggambarkan karakteristik yang sedang diteliti. Alat yang diperlukan berupa meteran, termohidrometer, dan anemometer. Hasil penelitian, suhu menunjukkan rata-rata penurunan terbesar dari isya ke subuh sebesar 3.34°C, kelembaban udara menunjukkan peningkatan angka yang signifikan peralihan antara isya ke subuh dengan rata-rata 27.34%. Kecepatan angin hanya pada titik tertentu yang dekat dengan bukaan dan menghadap ke halaman. Kecepatan tertinggi pada waktu isya sebesar 0.3m/s. Hasil penelitian Masjid Gedhe Mataram tidak memenuhi standar kenyamanan termal dari temperatur efektif SNI T-14-1993-037, namun jika ditinjau dari bahan material dalam bangunan tersebut, angka pada konduktivitas termal material masjid dikatakan sudah baik.

KEYWORDS:

Masjid; Material; Kenyamanan Termal; Konduktivitas

PENDAHULUAN

Beribadah erat kaitannya dengan tempat beribadah yaitu sebagai tempat suci untuk menyembah Allah Ta'ala. Terlebih lagi setiap minggunya kaum adam beragama islam melakukan salat jum'at wajib yang dilakukan di tempat beribadah yaitu masjid. Selain itu, masjid juga digunakan untuk berbagai macam kegiatan lainnya yang sudah dilakukan sejak jaman Rasulullah SAW seperti dibidang pendidikan, kesehatan sebagai tempat perawatan dan pengobatan, sebagai tempat pertemuan dan bermusyawarah, tempat perlindungan, tempat pusat kegiatan sosial, dan masih banyak lagi.

Seiring berjalannya waktu, fungsi tersebut kian terkikis karena dari beberapa bidang tersebut sudah dibangun secara khusus untuk melayani masing-masing bidang. Namun, masjid masih memiliki bentuk dan fisik yang

hampir sama tanpa ada perubahan yang signifikan. Dapat dijumpai dan diketahui seperti apa bangunan masjid itu. Salah satu contoh dan akan menjadi objek pada penelitian ini adalah Masjid Gedhe Mataram di Kotagedhe Yogyakarta. Masjid ini merupakan masjid peninggalan masa Kerajaan Mataram Islam yang usianya kurang lebih 350 tahun yang lalu. Masjid ini merupakan masjid yang dibangun dengan material lokal seperti kayu dan batuan yang dijumpai di sekitaran Pulau Jawa. Material-material bangunan yang ada pada Masjid Gedhe Mataram yang sudah ratusan tahun lamanya, apakah hal tersebut berpengaruh terhadap kenyamanan jamaah yang beribadah di Masjid Gedhe Mataram? Sedangkan cuaca dan iklim bumi kian hari kian memburuk karena dampak dari pemanasan global. Berkaitan dengan fungsi masjid sebagai tempat beribadah, maka diharapkan dapat

memberikan kenyamanan agar ibadah berjalan dengan khidmat dan khusyuk. Untuk itu penelitian ini dilakukan untuk menilai kenyamanan termal yang diberikan dari material yang ada pada masjid tersebut agar dapat dikatakan masih layak.

Disamping itu, ada faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan termal selain daripada material bangunan pada masjid yaitu kecepatan udara, kelembaban ruangan, dan juga suhu ruangan. Faktor-faktor tersebut yang menjadi jawaban dari pertanyaan apakah material tersebut masih dapat digunakan setelah adanya berbagai macam perubahan iklim dan ketidakstabilan musim yang terjadi saat ini dan menjaga kenyamanan termal di dalam Masjid Gedhe Mataram.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Iklim Tropis

Indonesia merupakan negara dengan letak geografis yang dilewati garis khatulistiwa. Hal itu yang menyebabkan di Indonesia beriklim tropis dan hanya memiliki 2 musim, yaitu hujan dan kemarau. Suhu normal berkisar antara 20°C sampai dengan 30°C, sedangkan disaat terik bisa mencapai 30°C sampai dengan 35°C.

Teori tersebut dikuatkan kutipan dari (Arifah, Adhitama, & Nugroho, 2017) pernyataan dari Lippsmeier (1994) bahwa iklim tropis merupakan iklim yang terjadi pada daerah dengan letak astronomis pada 23.5° lintang utara hingga 23.5° lintang selatan. Iklim tropis memiliki ciri utama yaitu memiliki temperatur yang tergolong tinggi rata-rata tidak dibawah 20°C. berdasarkan letak geografis, iklim tropis terbagi menjadi 2 yaitu tropis kering dan tropis lembab. Iklim tropis lembab adalah daerah yang secara geografis berdekatan dengan perairan (hutan tropis, daerah dengan angin musim, savanah lembab).

Table 1. Ciri Geografis Iklim Tropis Lembab di Indonesia

No	Variabel	Ciri Geografis
1	Temperatur maksimum rata-rata tahunan	30.5°C
2	Temperatur minimum di malam hari	25°C
3	Kelembaban udara	Berkisar antara 25-30mm
4	Kelembaban relatif	55-100%

Yogyakarta, kota di mana ditemukannya Masjid Gedhe Mataram. Menurut informasi dari situs web resmi BPBD DIY melakukan siaran pers prakiraan iklim tahun 2021 di wilayah DIY per 2 Agustus 2021. Menyatakan bahwa, ada kenaikan ±1.5 – 2.5°C dibandingkan normalnya dengan suhu berkisar 28-29°C.

Tinjauan Kenyamanan Termal

Ada pula pengertian menurut ahli tentang kenyamanan termal sebagai berikut :

1. Peter Hoppe (2002), pendekatan termal ada tiga macam yaitu pendekatan *thermalphysiological*, pendekatan *heat balance* dan pendekatan psikologis (Sugini, 2004 : 6)
2. Karyono (2001), kenyamanan termal adalah sensasi panas atau dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa kulit terhadap stimuli suhu di sekitarnya.

Sedangkan berdasarkan secara bahasa, kenyamanan termal adalah suatu kondisi suhu direspon oleh tubuh kita dengan rasa panas atau pun dingin dan dikatakan nyaman saat antara tubuh dan suhu lingkungan terasa dibutuhkan diantara keduanya. Artinya, kita membutuhkan dingin saat panas dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan kutipan dari (Arifah, Adhitama, & Nugroho, 2017), faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal, menurut ASHRAE (1989), kenyamanan termal dipengaruhi oleh enam faktor diantaranya :

1. Temperatur Udara
Temperatur udara merupakan factor utama dari kenyamanan termal walaupun hal ini tergantung pada ciri perasaan subjektif dan kenyamanan berperilaku. Standar kenyamanan termal untuk hangat nyaman menurut SNI 03-6572-2001 ada dikisaran 25.8°C-27.1°C.
2. Kelembaban Udara
Kelembaban udara relatif untuk daerah tropis menurut SNI 03-6572-2001 ada dikisaran 40-50%. Dan untuk ruangan memiliki kapasitas padat seperti ruang pertemuan ada dikisaran 55-60%. Kelembaban memiliki efek langsung terhadap

kenyamanan, meskipun tidak menahan panas tubuh untuk melepaskan panas melalui keringat.

3. Kecepatan Angin
Kecepatan angin atau udara yang baik menurut SNI 03-6572-2001 adalah 0.25 m/s. Namun, kecepatan tersebut dapat dibuat lebih besar dari 0.25 m/s tergantung dari kondisi temperatur udara kering dalam ruangan tersebut.
4. Temperatur Radiant
Radiasi matahari mempunyai pengaruh yang besar terhadap sensasi termal.
5. Insulasi Pakaian
Jenis dan bahan pakaian yang digunakan oleh individu dapat berpengaruh terhadap kenyamanan termal. Manusia memiliki hak untuk menggunakan jenis dan pakaian apa untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar.
6. Aktivitas
Aktivitas apapun yang mempengaruhi metabolisme tubuh.

Pada penelitian ini, nantinya akan berkiblat pada temperatur efektif standar zona kenyamanan termal di Indonesia berdasarkan temperatur efektif (ET): SNI T-14-1993-037 merupakan integritas standard kenyamanan melalui analisis temperatur dan kecepatan udara dengan lima kategori:

- Dingin tidak nyaman < 20.5°C
- Sejuk nyaman 20.5-22.8°C
- Nyaman optimal 22.8-25.8°C
- Hangat nyaman 25.8-27.2°C
- Panas tidak nyaman > 27.2°C

Tinjauan Konduktivitas Termal Material

Konduktivitas termal adalah besaran intensif bahan dalam kemampuannya menghantarkan panas. Konduktivitas termal kaitannya dengan temperatur radiant. Sebuah bilangan pada bahan dengan terpaparnya panasnya sinar matahari, dan daya serap panas pada benda tersebut. Semakin sedikit nilai bilangan tersebut, maka dapat dikatakan sebagai bahan atau material bangunan yang baik. Material bangunan yang ada pada Masjid Gedhe Mataram tidak jauh berbeda dengan

bangunan-bangunan yang biasa ditemui, hanya saja masjid ini memiliki material-material terpilih untuk memberikan kesan yang terbaik sebagai persembahan untuk menghadap yang Maha Kuasa. Diantaranya 4 pilar utama Masjid Gedhe Mataram yang berbahan baku kayu jati. Tidak hanya 4 pilar utama, bahkan terdapat jendela dan pintu yang berbahan baku kayu jati juga.

Tembok dari masjid ini sama seperti tembok bangunan pada umumnya, yaitu dengan bata merah. Dulunya masjid ini hanya bata merah, seiring berjalannya waktu tembok tersebut dipelster sebagai bentuk pemeliharaan agar masjid ini tetap awet terjaga hingga nanti masih dapat dikunjungi generasi mendatang. Dan juga pengaruh lain yaitu alas bangunan atau lantai, marmer terpilih sebagai permukaan bawah pada masjid karena dinilai dapat memberi kesan yang sejuk. Dengan sifatnya yang mudah menghantarkan suhu, para jamaah datang dengan membawa suhu tinggi akan dinetralisir oleh marmer yang bersuhu rendah karena benda yang mudah menyerap suhu seperti marmer karena pada dasarnya benda yang lebih tinggi suhunya akan mengalir ke suhu yang lebih rendah sampai dihasilkan keseimbangan termal satu sama lain. Oleh karena itu, akan dirasakan benda di sekitar terasa dingin karena yang terjadi ketika itu panas tubuh dinetralisir oleh dinginnya marmer benda yang suhunya lebih rendah dari suhu tubuh (melepas kalor) sementara benda menerima panas dari tubuh.

Menurut narasumber sebagai pengurus Masjid Gedhe Mataram, dulunya masjid menggunakan genteng tanah liat, namun sekarang diganti dengan atap aspal atau bitumen.



Gambar 1. Dinding Asli Bata Merah, Kayu Jati Tiang Utama, dan Lantai Marmer (Sumber: Dokumentasi Penulis, 2021)



Gambar 2. Plafon Kayu Jati Dan Atap Aspal atau Bitumen
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2021)

Mengutip dari beberapa jurnal, berikut nilai konduktivitas termal dari tiap material yang terkandung dalam Masjid Gedhe Mataram :

Table 2. Konduktivitas Termal Material

Bahan	Konduktivitas Termal (W/M°C)
Marmmer ¹	2.08-2.94
Kayu Jati ²	0.142
Bata Merah ³	0.55
Plester ³	0.90
Atap Aspal ⁴	0.50

(Sumber: (Ristiani, 2018)¹, (Prasojo, Sulisty, & Listyanto, 2010)², (ZADP & Purwanto, 2021)³, (Maharahmi, Thojib, & Handajani, 2017)⁴)

Semakin besar nilai konduktivitas termal material, semakin baik dalam menghantarkan suhu atau temperatur udara.

METODE PENELITIAN

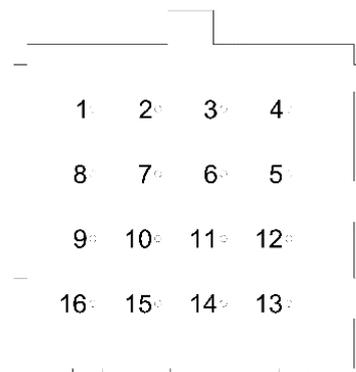
Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif, yang mana metode tersebut meneliti dengan pengumpulan data menggunakan alat ukur/instrumen sebagai acuan untuk mengetahui pengaruh variable independen (pengakuan) terhadap variable dependen (hasil).

Sebagai pelengkap dalam metode tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif. Mendeskripsikan gambaran dari objek dapat mempermudah untuk memahami objek yang dibahas dengan berupa ukuran, grafik, foto, warna, dan sebagainya.

Berkaitan dengan metode kuantitatif dengan menggunakan alat ukur, diantaranya alat ukur yang digunakan sebagai alat bantu pengukuran diantaranya berupa meteran, termohidrometer dan anemometer. Meteran

sebagai pengukuran jarak titik pengambilan data pada ruang interior masjid, termohidrometer sebagai alat ukur suhu dan kelembaban udara ruangan, dan anemometer sebagai pengukur kecepatan udara. Nantinya ketiga alat ukur akan digunakan pada 16 titik pengukuran, masing-masing koordinat titik pengukuran menunjukkan angka relatif pada ruang utama Masjid Gedhe Mataram.

Pada tahap awal pengolahan data, dilakukan pengukuran penentuan titik pengambilan data pada ruang interior atau ruang utama pada Masjid Gedhe Mataram. Dengan luasan ruang P (Panjang) x L (Lebar) sebesar 14,40 x 14,40 meter. Pertitik dikenai jarak 2,88 m dengan total 16 titik.



Gambar 3. Denah Titik Koordinat Pengambilan Data

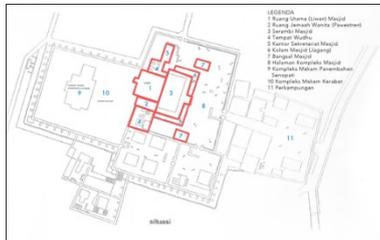
Setelah menentukan titik pengambilan data, alat selanjutnya yang digunakan yaitu termohidrometer dan anemometer yang digunakan secara bersamaan atau beriringan agak dapat diketahui bahwa data tersebut tercatat diwaktu yang bersamaan. Keduanya saling berkaitan dan mempengaruhi, sehingga pengambilan diperlukan diwaktu yang bersamaan. Pengambilan tersebut dilakukan 5 kali tepatnya setiap waktu salat fardu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Lingkungan Sekitar

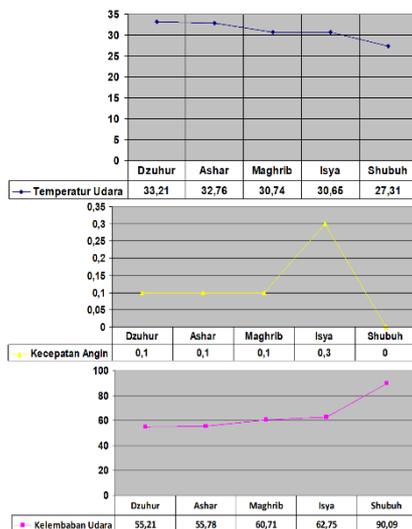
Masjid Gedhe Mataram dulunya tak sebesar yang kini banyak diketahui orang. Masjid Gedhe Mataram melakukan perluasan area untuk menampung jamaah yang datang dilakukan oleh Paku Buwono X. Diantaranya, merapikan dan memperindah beberapa titik dari masjid dengan menambahkan kolam pada sekeliling serambi timur masjid sebagai

penyejuk. Selain hadirnya kolam, juga halaman masjid yang menggunakan paving batu. 2 hal tersebut mempengaruhi keadaan kenyamanan termal pada masjid. Adapun vegetasi sendiri kurang terlalu berpengaruh, karena hanya dibeberapa titik di kawasan Masjid Gedhe Mataram dan letaknya cukup jauh dari masjid.



Gambar 4. Situasi Masjid Gedhe Mataram (Sumber: Arsip Dinas Kebudayaan DIY, 1995)

Hasil Pengumpulan Data



Gambar 5. Grafik Temperatur Udara, Kecepatan Angin, dan Kelembaban Udara (Sumber: Analisis Penulis, 2021)

- a) Suhu atau temperatur udara
Setelah dilakukannya pengumpulan data selama dua hari dihitung dari zuhur-asar-maghrib-isy-a-subuh, dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan urut berdasarkan pengumpulan data rata-rata yaitu 33.21 - 32.76 - 30.74 - 30.65 - 27.31°C dan penurunan terbesar yaitu dari isya ke subuh sebesar 3.34°C.
- b) Kelembaban udara
Untuk hasil dari pengumpulan data pada aspek kelembaban udara, dapat dilihat bahwa angka menunjukkan keterkaitan

dengan pergerakan matahari siang menuju malam tingkat kelembabannya semakin tinggi. Tercatat rata-rata 55.21 - 55.78 - 60.71 - 62.75 - 90.09% signifikan peralihan antara isya ke subuh peningkatan sebesar 27.34%.

- c) Kecepatan angin
Terkhusus pada kecepatan angin, menurut pengumpulan data pergerakan tercatat hanya pada titik tertentu yaitu titik yang dekat dengan bukaan dan menghadap ke halaman dengan hasil 0.1 - 0.1 - 0.1 - 0.3 - 0.0m/s. Tiupan angin tertinggi terjadi pada waktu isya sebesar 0.3m/s.

Analisis Kenyamanan Termal

Berikut pengkategorian keterangan nyaman daripada pengumpulan dan pengukuran temperatur udara yang merupakan bentuk hasil dari faktor-faktor yang mempengaruhi temperatur udara pada Masjid Gedhe Mataram.

Table 3. Analisis Kenyamanan Termal berdasarkan SNI T-14-1993-037

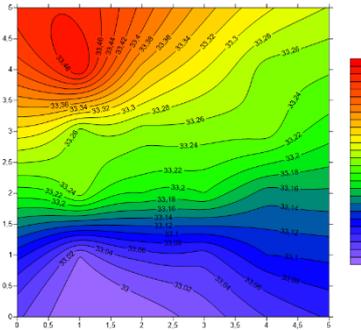
Waktu	Temperatur Udara (°C) Min-Max	Keterangan (SNI T-14-1993-037)
Zuhur	33-33.5°C	Panas Tidak Nyaman
Asar	32.4-33.1°C	Panas Tidak Nyaman
Maghrib	29.9-31°C	Panas Tidak Nyaman
Isya	30-31.2°C	Panas Tidak Nyaman
Subuh	26.4-28°C	Hangat Nyaman

(Sumber: Analisis penulis, 2021)

Analisis Melalui Aplikasi Surfer

Melalui aplikasi *Surfer*, data yang diperoleh dapat digambarkan atau divisualisasikan sehingga membantu untuk memahami keadaan saat pengambilan sample atau data. Data yang akan direalisasikan berdasarkan data dari temperatur udara atau suhu ruangan terkategori tiap 5 waktu salat fardu diantaranya Zuhur, Asar, Maghrib, Isya, dan Subuh.

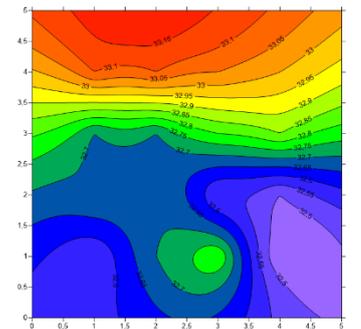
- a) Zuhur (Selasa, 26 Oktober 2021)



Gambar 6. Kontur Warna Suhu Waktu Zuhur
(Sumber: Analisis Penulis, 2021)

Berdasarkan gambar yang disajikan, suhu tertinggi ada pada di sisi barat. Hal ini disebabkan serapan radiasi dari matahari yang langsung tertuju pada dinding barat masjid (bata merah diplester) yang diketahui arah rotasi bumi yang menyebabkan terjadinya siang dan malam serta arah terbit dan terbenamnya matahari. Pada waktu zuhur, jelas matahari sedang berada tepat di atas masjid.

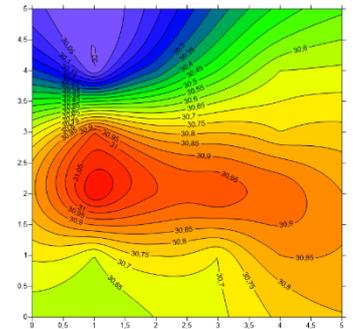
b) Asar (Selasa, 26 Oktober 2021)



Gambar 7. Kontur Warna Suhu Waktu Asar
(Sumber: Analisis Penulis, 2021)

Perbedaan terlihat antara waktu zuhur dengan asar, sisi panas lebih merata di sisi barat dan dari sisi timur juga ada pergerakan suhu semakin rendah.

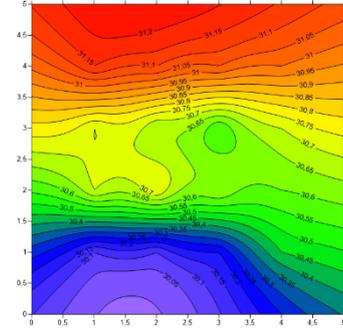
c) Magrib (Selasa, 26 Oktober 2021)



Gambar 8. Kontur Warna Suhu Waktu Magrib
(Sumber: Analisis Penulis, 2021)

Pada waktu magrib, perbedaan signifikan pada sisi barat. Hal ini ada pengaruh dari jendela sisi tepat barat daya. Suhu rendah atau dingin dari luar memasuki Masjid Gedhe Mataram.

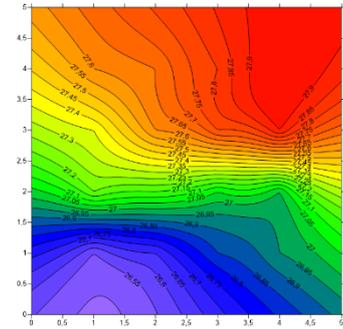
d) Isya (Selasa, 26 Oktober 2021)



Gambar 9. Kontur Warna Suhu Waktu Isya
(Sumber: Analisis Penulis, 2021)

Pada waktu Isya, keadaan dalam ruangan kembali seperti sebelumnya. Panas hasil konduktivitas dari dinding bata merah yang memancarkan panas ke dalam ruang. Namun, secara data atau angka yang diperoleh tidak lebih panas daripada waktu sebelum-sebelumnya.

e) Subuh (Rabu, 27 Oktober 2021)



Gambar 10. Kontur warna suhu waktu subuh
(Sumber: Analisis penulis, 2021)

Selisih waktu salat antara isya dengan subuh cukup jauh berkisar sembilan jam, berbeda dengan waktu salat disiang hari yang jarak waktu salat satu dengan yang lain tidak terlalu jauh sehingga perubahan tidak terlalu jauh dilihat dari data yang diperoleh dan dikumpulkan. Pada waktu subuh, suhu terendah menunjukkan angka 26.45°C yang mana perubahannya sangat signifikan dibanding dengan waktu sebelumnya yaitu waktu isya 29.95°C dengan beda suhu 3.5°C. Suhu dingin pada malam hari sudah merata dengan kurun waktu yang cukup lama, menyebabkan keadaan masjid menjadi lebih normal dari waktu salat yang lain, namun

ditinjau dari temperatur efektif SNI T-14-1993-037 suhu tersebut masih dalam kategori belum normal untuk semestinya yaitu hangat nyaman.

Analisis Pengaruh Material

Data grafik warna tersebut merupakan penggambaran atau ilustrasi keadaan dari suhu atau temperatur udara. Dan berdasarkan pengamatan, hal itu adalah hasil dari konduktivitas termal pada material yang terkandung dalam Masjid Gedhe Mataram. Adapun material-material tersebut dijelaskan ditinjau dari pustaka dengan besaran konduktivitas termal masing-masing diantaranya terdapat marmer 2.08-2.94, kayu jati 0.142, bata merah 0.55, plester 0.90, dan atap aspal 0.50.

Kelima material tersebut memiliki besaran yang berbeda-beda, sehingga menandakan memiliki peranan masing-masing. Berdasarkan peranan tersebut dapat dikatakan terdapat dua peran yang terbagi yaitu peranan luar bangunan dan dalam bangunan. Peran luar bangunan yaitu material yang bekerja sebagai konduktan yang menerima radiasi atau suhu tinggi dari luar bangunan sehingga diharuskan nilainya semakin kecil semakin baik pengaruhnya terhadap penggunaan di dalam bangunan. Sedangkan peran dalam bangunan yaitu material yang bekerja sebagai konduktan yang menanggapi suhu dari dalam bangunan yang mana semakin tinggi nilai konduktannya akan semakin baik dalam menghantarkan suhu. Kedua peran tersebut saling berbanding terbalik karena pada dasarnya benda yang lebih tinggi suhunya akan mengalir ke suhu yang lebih rendah sampai dihasilkan keseimbangan termal satu sama lain.

Berdasarkan dua peran tersebut maka dikelompokkannya sebagai berikut:

- a) Peran luar bangunan: kayu jati, bata merah, plester, atap aspal
- b) Peran dalam bangunan: marmer

KESIMPULAN

Menurut hasil dari penelitian, Masjid Gedhe Mataram tidak memenuhi standar dari temperatur efektif SNI T-14-1993-037. Namun, jika ditinjau dari lima bahan material yang terkandung dalam bangunan dengan nilai

besaran diantaranya marmer 2.08-2.94, kayu jati 0.142, bata merah 0.55, plester 0.90, dan atap aspal 0.50 angka yang tercatat pada konduktivitas termal material tersebut dikatakan sangat baik ditinjau dari peran dan fungsinya karena angka dari konduktivitas termal dari tiap material menunjukkan keefektifan konduktivitas sesuai. Peran dari luar, memiliki nilai konduktan yang kecil menandakan perpindahan panas yang diterima dari luar tidak berangsur dalam waktu yang cepat. Dan peran dari dalam, yaitu marmer dengan nilai konduktan lebih tinggi dari keempat material yang lain. dengan nilai tersebut menandakan bahwa material tersebut memiliki daya hantar yang besar guna sebagai penyerap suhu dan menyeimbangkan suhu tinggi yang dibawa oleh jamaah atau pengunjung untuk menjaga stabilitas suhu ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifah, A. B., Adhitama, M. S., & Nugroho, A. M. (2017). Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Hunian Rumah Susun Aparna Surabaya.
- Hadi, Y., Azaria, T., Purnomo, Putrianto, N. K., Oktiarso, T., Ekawati, Y., & Noya, S. (2020). Analisa Kenyamanan Termal Ruang Kuliah.
- Mahabella, L. S., & Abduh, M. (2019). Kenyamanan Termal Bangunan Rumah Tinggal Kolonial di sekitar Alun-alun Merdeka Kota Malang.
- Maharahmi, S., Thojib, J., & Handajani, R. P. (2017). Sistem Insulasi Termal sebagai Dasar Perancangan Pasar Ikan Higienis di Sendang Biru.
- Marzuki, A. (2017). Teknik Konservasi Arsitektur Masjid Agung Mataram Kotagedhe di Yogyakarta.
- Nurwidyaningrum, D., A.G, H., & Farida, R. (2015). Pengaruh Material Ruang Pada Kenyamanan Termal Ruang Membatik yang Menggunakan Skylight, Studi Kasus: Rumah Batik Katura, Plered, Cirebon.
- Prasojo, A., Sulistyono, J., & Listyanto, T. (2010).

Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu dalam Kondisi Kadar Air yang Berbeda.

Ristiani, D. (2018). Analisa Nilai Konduktivitas Thermal pada Beberapa Jenis Material Padatan.

Sangaji, Y., Sangkertadi, & Sembel, A. (2015). Kajian Kenyamanan Termal Bagi Pejalan Kaki pada Jalur Pedestrian Universitas Sam Ratulangi.

ZADP, A., & Purwanto, L. (2021). Komparasi Perpindahan Panas (Heat Transfer) Material Dinding Dengan Simulasi Term.