

Evaluasi Penghawaan Alami Bangunan untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal Ruang dalam Masjid Baitul Musyahadah Kota Banda Aceh

Mirza Fuady^{1*}, Andrian Kevin¹, Nasrullah Ridwan¹, Buraida², dan Rizal Munadi³

1 Program Studi Arsitektur, Universitas Syiah Kuala, email: mirzafuady@usk.ac.id; mandriankevin@gmail.com; ayoen88@gmail.com

2 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, email: buraida.sipil@usk.ac.id

3 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, email: rizal.munadi@gmail.com

* Penulis Korespondensi: E-mail: mirzafuady@usk.ac.id

Article History:

Received: 25 February 2024

Revised: 27 February 2024

Accepted: 28 February 2024

Keywords: Banda Aceh City, Baitul Musyahadah Mosque, open mosque design, thermal comfort

Abstract: Many mosques in the city of Banda Aceh have used artificial ventilation systems to achieve thermal comfort conditions in the mosque's interior. Meanwhile, the Baitul Musyahadah Mosque, which is classified as a large mosque in Banda Aceh City, currently still maintains an open mosque building design and utilizes a natural ventilation system. In this community service activity, field research was carried out to evaluate the building's natural ventilation conditions to improve thermal comfort in the interior of the Baitul Musyahadah Mosque. The research method uses a quantitative descriptive approach by collecting data through field observations and measurements, according to variables that influence thermal comfort including air temperature, air humidity, and wind speed. The results obtained regarding the thermal comfort conditions of the interior in the Baitul Musyahadah Mosque are (a) the average value of the effective temperature in the building falls within the limits of a warm comfortable sensation; (b) the average value of air humidity in the building is within comfortable limits; (c) the wind speed value in the interior is low. Furthermore, based on the results of the analysis and simulation of thermal comfort in the mosque, it is recommended to repair several damaged windows and ventilations to increase the number of openings that influence the increase in wind speed in the mosque to support passive thermal comfort.

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan Kota Banda Aceh sebagai kota yang mengedepankan pelaksanaan nilai-nilai dalam syariat Islam, keberadaan masjid menjadi sarana penting dalam kehidupan masyarakat kota. Masjid telah dijadikan sebagai pusat pendidikan dan pengembangan ajaran Islam sehingga kehadirannya menjadi penting bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya dalam mewujudkan nilai-nilai Islam dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karenanya, seiring dengan perkembangan kota, tidak mengherankan jumlah

bangunan masjid di Kota Banda Aceh terus bertambah sehingga mudah bagi masyarakat di Kota Banda Aceh untuk mengakses dan menggunakan masjid di berbagai wilayah kota.

Kota Banda Aceh terletak di daerah Indonesia yang beriklim tropis yang lembap. Tingkat radiasi matahari yang tinggi, suhu dan kelembapan udara yang relatif tinggi, kecepatan angin yang rendah, dan langit yang cenderung berawan adalah semua faktor yang membentuk iklim tropis di Kota Banda Aceh. Menurut Lippsmeier (1994), banyak karakteristik alami iklim tropis yang berlangsung hampir sepanjang tahun, sehingga dapat menghalangi kondisi kenyamanan termal di dalam bangunan. Oleh karena itu, dalam perencanaan untuk mencapai kenyamanan termal bangunan, penting untuk mempertimbangkan karakteristik alami iklim tropis tersebut.

Banyak penelitian tentang kenyamanan termal dalam penghunian bangunan telah dilakukan pada berbagai jenis bangunan sebagai upaya untuk mengatasi masalah pemanasan global. Menurut *ASHRAE Standard 55-2003*, standar internasional yang dipublikasikan oleh *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*, definisi kenyamanan termal adalah keadaan pikiran yang menyatakan kepuasan terhadap kondisi termal di sekitar lingkungan. Standar ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan standar kondisi termal yang dapat diterima di mana 90% penduduk merasa nyaman.

Selanjutnya, Hidayat (2011) mengatakan bahwa seseorang dianggap merasa nyaman secara termal jika mereka tidak mengungkapkan suhu yang mereka rasakan, apakah itu memerlukan perubahan suhu menjadi lebih dingin atau lebih panas. Karyono (2001) menyatakan bahwa kenyamanan termal adalah salah satu komponen kenyamanan yang berdampak pada aktivitas manusia sehari-hari. Kenyamanan termal dapat didefinisikan sebagai kondisi pikiran dan perasaan terhadap rangsangan oleh suhu panas atau dingin yang diterima dari suatu kondisi lingkungan, baik di dalam maupun di luar bangunan. Karena itu, indeks kenyamanan dapat digunakan untuk menilai suhu, kinerja termal, dan tingkat kenyamanan yang diperoleh.

Hal ini sesuai dengan penelitian Szokolay (1973) yang menyatakan rumusan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dan kenyamanan termal, sebagaimana yang disebutkan dalam penelitian Vidiyanti (2020), bahwa kenyamanan termal dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor personal dan faktor lingkungan. Faktor personal meliputi pakaian yang dipakai (*clothes*), dan metabolisme tubuh (*metabolism*). Sedangkan faktor lingkungan meliputi temperatur udara (*air temperature*), radiasi (*radiation*), pergerakan udara (*air movement*), dan kelembapan udara (*humidity*). Selanjutnya menurut Arifin & Hidayat (2018), bangunan di wilayah beriklim tropis lembap semestinya didesain dengan tidak mengandalkan sistem penghawaan buatan. Hal tersebut dapat diwujudkan diantaranya dengan strategi desain bukaan dan ventilasi bangunan yang cukup sebagai upaya menyediakan penghawaan alami agar dapat menurunkan suhu ruangan. Untuk itu kecukupan tersedianya bukaan dan ventilasi pada desain bangunan di daerah tropis harus direncanakan sejak awal agar menghasilkan

kondisi kenyamanan termal dalam bangunan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6572-2001, tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung (BSN, 2001) telah disebutkan rentang temperatur efektif dan sensasi kenyamanan termal tubuh manusia untuk daerah tropis, sebagaimana yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sensasi Kenyamanan dan Temperatur Efektif berdasarkan SNI 03-6572-2001

Sensasi	Temperatur Efektif
Sejuk nyaman	20,5 °C – 22,8 °C
Nyaman Optimal	22,8 °C – 25,8 °C
Nyaman Hangat	25,8 °C – 27,1 °C

Berdasarkan SNI nomor 03-6572-2001, tingkat kenyamanan termal pada bangunan dapat dirasakan dalam rentang temperatur efektif 20,5 °C hingga 27,1 °C. Sensasi nyaman optimal dapat dirasakan dalam rentang temperatur efektif 22,8 °C hingga 25,8 °C. Sementara saat temperatur efektif turun hingga 20,5 °C menjadi batas sensasi sejuk nyaman dan sebaliknya saat temperatur efektif naik hingga 27,1 °C menjadi batas sensasi hangat nyaman.

Terkait keinginan demi mencapai kondisi nyaman yang optimal secara termal pada bangunan masjid untuk mendukung produktivitas jamaah sebagai pengguna, sejumlah besar bangunan masjid di Kota Banda Aceh termasuk setingkat meunasah dan musalla telah banyak yang beralih menerapkan sistem pengkondisian ruang dalam tertutup dengan mengandalkan sistem penghawaan udara buatan yaitu menggunakan mesin pendingin *air conditioner* (AC). Kondisi ini menunjukkan adanya kecenderungan sikap pengelola masjid yang terkesan pragmatis, namun kurang peka terhadap potensi bangunan dan tidak ramah lingkungan.

Di antara sejumlah masjid di Kota Banda Aceh yang telah beralih sepenuhnya menggunakan sistem penghawaan buatan demi mencapai kenyamanan termal, Masjid Baitul Musyahadah yang termasuk ke dalam klasifikasi masjid besar di Kota Banda Aceh saat ini masih mempertahankan desain bangunan terbuka dan pemanfaatan sistem penghawaan alami. Masjid Baitul Musyahadah hingga kini belum merubah desain ruang dalam menjadi tertutup dan belum menggunakan mesin pendingin AC untuk mencapai kondisi kenyamanan termal bagi jamaah saat beraktivitas dalam masjid.

Oleh karena itu, melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah dilakukan evaluasi kenyamanan termal ruang dalam masjid Baitul Musyahadah, sehingga diperoleh informasi aktual mengenai permasalahan terkait kenyamanan termal dan dapat direkomendasikan gagasan solusinya. Hasil evaluasi ini juga bermanfaat bagi pengelola masjid untuk menguatkan konsep desain masjid yang terbuka dengan pemanfaatan sistem penghawaan udara secara alami dan mengantisipasi terjadinya perubahan desain masjid yang tertutup.

2. Metode Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan pada Masjid Baitul Musyahadah Kota Banda Aceh yang berada pada jalan Teuku Umar, Gampong Geuceu Kayee Jato, Kecamatan Banda Raya. Adapun yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi dan objek pengabdian pada Masjid Baitul Musyahadah adalah sebagai berikut:

1. Masjid Baitul Musyahadah termasuk ke dalam kategori masjid besar pada wilayah Kota Banda Aceh sesuai pengelompokan bangunan masjid merujuk pada Keputusan Direktur Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam No. DJ. II /802 Tahun 2014 Tentang Standar Pembinaan Manajemen Masjid.
2. Masjid Baitul Musyahadah termasuk salah satu masjid besar di Kota Banda Aceh yang masih mempertahankan pengkondisian ruang dalam secara terbuka dengan pemanfaatan ventilasi alami dan belum dilengkapi dengan fasilitas AC.
3. Masjid Baitul Musyahadah memiliki potensi dari segi desain bangunan dan lingkungan sekitar bangunan, yang mendukung sistem penghawaan alami.



Gambar 1. Peta Kota Banda Aceh dan Lokasi Masjid Baitul Musyahadah di Jalan Teuku Umar, Kecamatan Banda Raya

Sejalan dengan tujuan evaluasi penghawaan alami bangunan untuk meningkatkan kenyamanan termal ruang dalam masjid, maka pengumpulan data di lapangan meliputi pengukuran: (a) kelembapan udara dan temperatur udara menggunakan alat *Thermohygrometer*, (b) kecepatan angin dan temperatur udara menggunakan alat *Hot Wire Anemometer*, dan (c) penyimpanan panas pada suatu material bangunan melalui alat *Infrared Thermometer*. Adapun pengumpulan data melalui pengukuran lapangan dilakukan dalam tiga sesi waktu, yaitu pagi sebelum waktu shalat zuhur, siang setelah shalat zuhur berjamaah, dan sore setelah shalat ashar berjamaah. Pemilihan waktu ini sesuai dengan kondisi masjid yang relatif sepi setelah selesai shalat berjamaah.



Gambar 2. (a) Thermohygrometer, (b) Hot Wire Anemometer, (c) Thermal Gun Infrared

Selanjutnya dalam pengumpulan data melalui pengukuran meliputi temperatur udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin, maka ditentukannya beberapa titik pengukuran pada ruang dalam masjid. Pengukuran pada sejumlah titik ukur yang telah ditentukan dengan menggunakan alat ukur pada ketinggian satu meter. Penentuan titik pengukuran didasarkan atas beberapa pertimbangan meliputi (a) posisi yang dapat mewakili pendistribusian udara, (b) posisi yang dekat dengan letak bukaan, dan (c) posisi sumber datangnya angin dari luar menuju ruang dalam masjid. Adapun saat pengukuran kenyamanan termal dilakukan, kondisi peralatan pendingin di dalam masjid berupa kipas angin dalam keadaan tidak aktif.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data lapangan dilakukan secara langsung di Masjid Baitul Musyahadah Kota Banda Aceh melalui pengukuran kenyamanan termal di masing-masing titik yang telah ditentukan dalam masjid. Pengukuran kenyamanan termal ini meliputi pengukuran temperatur udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin dengan kondisi bangunan yang berventilasi alami.



Gambar 3. Kondisi (a) Eksterior dan (b) Interior Masjid Baitul Musyahadah

Instrumen atau alat ukur ditempatkan pada ketinggian ± 1 m dari lantai bangunan. Pengukuran dimulai dari pukul 09.00 wib sampai 16.00 wib dengan terbagi atas tiga sesi waktu, yaitu pagi, siang dan sore. Adapun tiga hari pengukuran tersebut dimulai dari tanggal 17, 18, dan 19 di bulan Januari tahun 2022. Sebagai pembanding digunakan juga data sekunder selama tiga hari pengukuran, yaitu data perkiraan cuaca di Kota Banda Aceh yang bersumber dari BMKG, Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda.

Tabel 2. Data Perkiraan Cuaca

Tanggal	17/01/2022	18/01/2022	19/01/2022
Temperatur Min. (°C)	23,4	23,5	22,5
Temperatur Maks. (°C)	31,8	32,0	32,0
Temperatur Rata-rata (°C)	26,4	27,1	26,5
Kelembapan Rata-rata (%)	84	78	82
Curah Hujan (mm)	22,5	-	0.0
Lamanya penyinaran matahari (jam)	6,1	6,1	1,8
Kecepatan angin maksimum (m/s)	7	6	6
Arah angin saat kecepatan maksimum (°)	50	80	40
Kecepatan angin Rata-rata (m/s)	3	3	3
Arah angin terbanyak	Tenggara	Tenggara	Tenggara

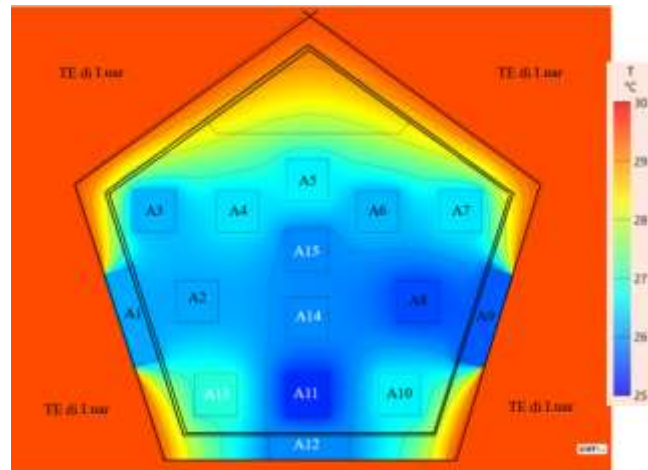
Berdasarkan perkiraan kondisi cuaca dan kenyataan yang terjadi selama pelaksanaan pengukuran kenyamanan termal, selama tiga hari tersebut tergolong sebagai cuaca yang cerah. Temperatur rata-rata selama tiga hari pengukuran adalah berkisar antara 26,4 – 27,1 °C, diikuti kelembapan rata-rata berkisar 78 % - 84%, dan kecepatan angin rata-rata adalah 3 m/s, dengan arah sumber angin terbanyak dari sisi Tenggara.

Selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran data selama tiga hari selama rentang waktu dimulai dari jam 09.00 pagi hingga 16.00 sore, temperatur efektif secara keseluruhan pada ruang dalam Masjid Baitul Musyahadah meliputi lantai satu dan lantai dua, diperoleh hasil dengan kategori yang sangat dominan pada batas nyaman dengan sensasi yang tergolong hangat. Untuk kelembapan udara secara keseluruhan di dalam ruangan masjid ini diperoleh kisaran 69,9 % - 73,1 % yang masih tergolong nyaman.

Tabel 3. Nilai rata-rata temperatur efektif, kelembapan udara, dan kecepatan angin di dalam Masjid Baitul Musyahadah

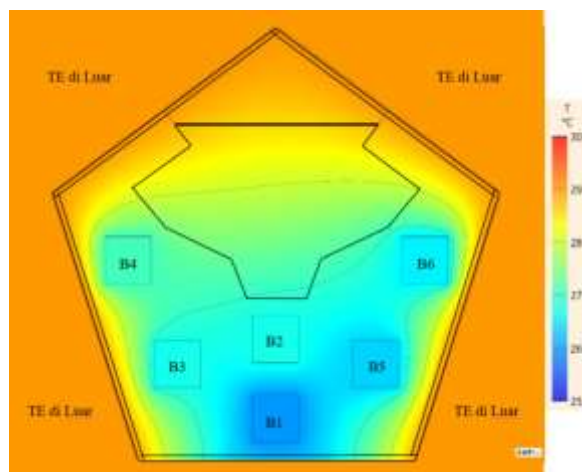
Titik Ukur	Variabel Pengukuran Kenyamanan Termal					
	Temperatur Efektif	Kategori	Kelembapan Udara	Kategori	Kecepatan Angin	Reaksi Subjektif
A1	26,1	Nyaman Hangat	69,9	Nyaman	0,576	Nyaman, menyenangkan
A2	26,1	Nyaman Hangat	71,0	Nyaman	0,451	Nyaman, dapat dirasa
A3	26,2	Nyaman Hangat	71,2	Nyaman	0,191	Tidak / Kurang disadari
A4	26,5	Nyaman Hangat	72,0	Nyaman	0,139	Tidak / Kurang disadari
A5	26,6	Nyaman Hangat	72,3	Nyaman	0,051	Tidak / Kurang disadari
A6	26,2	Nyaman Hangat	72,4	Nyaman	0,183	Tidak / Kurang disadari
A7	26,5	Nyaman Hangat	72,4	Nyaman	0,109	Tidak / Kurang disadari
A8	25,5	Nyaman Optimal	70,8	Nyaman	0,443	Nyaman, dapat dirasa
A9	25,6	Nyaman Optimal	71,0	Nyaman	0,485	Nyaman, dapat dirasa
A10	26,6	Nyaman Hangat	72,6	Nyaman	0,070	Tidak / Kurang disadari
A11	25,3	Nyaman Optimal	71,9	Nyaman	0,760	Nyaman, menyenangkan
A12	25,9	Nyaman Hangat	70,9	Nyaman	0,432	Nyaman, dapat dirasa
A13	26,9	Nyaman Hangat	72,9	Nyaman	0,079	Tidak / Kurang disadari
A14	25,9	Nyaman Hangat	72,7	Nyaman	0,268	Nyaman, dapat dirasa
A15	25,9	Nyaman Hangat	71,9	Nyaman	0,267	Nyaman, dapat dirasa
B1	26,0	Nyaman Hangat	72,0	Nyaman	0,677	Tidak / Kurang disadari
B2	26,8	Nyaman Hangat	72,1	Nyaman	0,206	Nyaman, dapat dirasa
B3	26,8	Nyaman Hangat	72,6	Nyaman	0,149	Tidak / Kurang disadari
B4	27,1	Nyaman Hangat	72,8	Nyaman	0,085	Tidak / Kurang disadari
B5	26,4	Nyaman Hangat	72,9	Nyaman	0,202	Nyaman, dapat dirasa
B6	26,6	Nyaman Hangat	73,1	Nyaman	0,196	Tidak / Kurang disadari

Selanjutnya dilakukan simulasi temperatur udara dalam masjid dengan menggunakan *software HT-Flux*. Simulasi dibuat sesuai data pengukuran dan perhitungan temperatur efektif yaitu kondisi dua lantai masjid pada Masjid Baitul Musyahadah selama tiga hari. Hasil simulasi pada Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan visualisasi dalam bentuk kontur warna yang berbeda-beda dari rentang temperatur terendah 25 °C yang berwarna biru hingga rentang temperatur tertinggi 30 °C yang berwarna merah.



Gambar 4. Hasil simulasi pada lantai satu

Hasil simulasi pada lantai satu, menunjukkan kecenderungan pada area ruang shalat utama di dalam masjid dominan berwarna biru tua dan biru muda dengan indikator suhu mencapai 25 °C hingga 26,5 °C. Sensasi nyaman optimal hingga nyaman hangat dapat dirasakan pada bagian dekat pintu yang lebih terasa pergerakan anginnya. Sensasi yang semakin hangat dirasakan pada sekeliling sisi dalam bangunan pada bagian terpinggir atau dekat dengan dinding dan bukaan jendela, yang dominan berwarna hijau muda dengan indikator suhu mencapai 28 °C.



Gambar 5. Hasil simulasi pada lantai dua

Adapun hasil simulasi pada lantai dua, menunjukkan kecenderungan pada area ruang shalat di lantai dua di dalam masjid dominan berwarna warna biru muda dan kehijauan dengan indikator suhu mencapai 26 °C hingga 28 °C. Kondisi ini menghadirkan sensasi nyaman hangat dapat dirasakan pada sebagian besar ruang shalat di lantai dua. Sensasi yang lebih nyaman dengan pergerakan anginnya dapat dirasakan saat berada dekat pintu masuk di bagian timur. Sensasi yang semakin hangat dapat dirasakan pada sekeliling sisi dalam bangunan pada bagian terpinggir atau dekat dengan dinding dan bukaan jendela, yang dominan berwarna hijau muda dan kuning dengan indikator suhu mencapai 28 °C.

Sementara itu kecepatan angin secara keseluruhan di dalam bangunan pada setiap titik ukur, menunjukkan nilai rata-rata yang rendah dimana reaksi secara subjektif mengindikasikan keberadaan dan kecepatan angin di ruang dalam Masjid Baitul Musyahadah termasuk kurang atau tidak dapat dirasakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Karyono (2001) dan Talarosha (2005) yang keduanya sama-sama menyebutkan kecenderungan kecepatan angin di daerah iklim tropis panas lembap adalah relatif rendah. Oleh karenanya, lemahnya kecepatan angin turut mempengaruhi ketidaklancaran pergerakan udara untuk mendukung kenyamanan termal di dalam Masjid Baitul Musyahadah secara pasif. Sebagian hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Hildegardis & Wara (2021), yang menyebutkan rendahnya kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan yang diukur turut mempengaruhi kondisi suhu udara ke dalam kategori sensasi nyaman hangat.

Dengan demikian, sesuai dengan kondisi kenyamanan termal yang diperoleh pada Masjid Baitul Musyahadah saat ini, dapat dikatakan kondisi kenyamanan termalnya cukup baik atau tidak buruk. Untuk meningkatkan kondisi kenyamanan termal, maka potensi angin di luar bangunan harus dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan ruang dalam masjid, sehingga kondisi kenyamanan termal dalam masjid dapat menjadi lebih baik. Hal ini dapat dilakukan dengan memperbaiki beberapa jendela dan ventilasi yang rusak dan tertutup, sehingga dapat menambah jumlah bukaan dan meningkatkan sirkulasi udara dalam masjid.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran data kenyamanan termal pada ruang dalam Masjid Baitul Musyahadah Kota Banda Aceh, diperoleh nilai rata-rata temperatur efektif yang tergolong ke dalam batas nyaman hangat. Kondisi nyaman hangat merupakan posisi terendah dari batas standar kenyamanan termal, yang berarti mengindikasikan kondisi dominan masih tergolong nyaman, namun sensasi nyaman yang diperoleh masih dibawah sensasi nyaman secara optimal. Demikian pula nilai rata-rata kelembapan udara pada Masjid Baitul Musyahadah berada pada batas nyaman, yang sesuai dengan batas nyaman berdasarkan SNI, dengan kisaran 69,9 % - 73,1 %.

Namun hasil pengukuran kecepatan angin di dalam ruang Masjid Baitul Musyahadah menunjukkan hasil yang dominan lemah, yaitu cenderung tidak disadari atau tidak dapat dirasakan sensasinya. Sementara itu, kecepatan angin di luar bangunan masjid memiliki potensi lebih baik sehingga harus dapat dimanfaatkan dalam mendukung pendinginan secara pasif. Untuk itu kepada pengelola Masjid Baitul Musyahadah direkomendasikan agar dapat melakukan perbaikan terhadap bukaan bangunan meliputi jendela dan ventilasi, sehingga dapat peningkatan kecepatan angin di dalam masjid untuk mendukung kenyamanan termal secara pasif.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak pengelola masjid Baitul Musyahadah yang telah terlibat baik secara langsung atau tidak langsung dalam kegiatan pengabdian ini.

6. Referensi

- Arifin, IN., & Hidayat, MS. (2018). Pengaruh Bukaan Terhadap Kinerja Termal pada Masjid Jenderal Sudirman. *Jurnal Arsitektur, Bangunan, & Lingkungan*, 7 (2).
- ASHRAE. (2003). Standard 55-2003, Thermal Environmental Condition for Human Occupancy (ASHRAE standard 55-56). ASHRAE. Atlanta US.
- BMKG. (2022), Data Cuaca BMKG Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda.
- BSN. (2001). Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6572-2001, tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung.
- DJBMI. (2014). Keputusan Direktur Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam No. DJ. II /802 Tahun 2014 Tentang Standar Pembinaan Manajemen Masjid.
- Hidayat, S. (2011). Kenyamanan Thermal Pada Bangunan Kampus Studi Kasus Pada Kampus Universitas Mercu Buana. *Jurnal Ilmiah PASTI*, V (3).
- Hildegardis & Wara (2021). Hubungan yang dibentuk Faktor Iklim, Desain Bangunan, Psikologis dan Fisik Fisiologis Terhadap Kinerja Termal Bangunan di Wilayah Beriklim Tropis Kering di Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknik Undana (Sainstek).
- Karyono. (2001). Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia. *Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur*, 29 (1).
- Lippsmeier, G. (1994). Bangunan Tropis. Erlangga. Jakarta.

- Sari, LH., Izziah, Irwansyah, M., & Meutia, E. (2016). Buku Ajar Sains Arsitektur. Syiah Kuala University Press. Darussalam, Banda Aceh.
- Szokolay, S.V. (1973). Manual of Tropical Housing and Building. Bombay. Orient Langman.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Thermal dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 6 (3).
- Vidiyanti, C., Siswanto, R., & Ramadhan, F. (2020). Pengaruh Bukaam Terhadap Pencahayaan Alami dan Penghawaan Alami Pada Masjid Al Ahdhar Bekasi. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 3 (1).