

# PENGUKURAN KENYAMANAN TERMAL PADA MASJID FADLURRAHMAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

## *Thermal Comfort At The Fadhlurrahman Mosque Muhammadiyah University Of Surakarta*

Dimas Dwi Chandra<sup>(1)</sup>, Ronim Azizah<sup>(2)</sup>

email: [dimas.dc4@gmail.com](mailto:dimas.dc4@gmail.com)<sup>(1)</sup>, [ronimazizah@gmail.com](mailto:ronimazizah@gmail.com)<sup>(2)</sup>

(1) [Program Studi Arsitektur Universitas Muhammadiyah Surakarta]

(2) [Program Studi Arsitektur Universitas Muhammadiyah Surakarta]

---

### **Abstract**

The mosque is a place of worship for followers of Islam, so its use can bring comfort to its adherents at all times of worship. The different forms of worship of Muslims make it a habit to use the mosque at least 5 times per day, namely morning, afternoon, evening, and night. Therefore, the design of the mosque building must meet these needs. The problematic space in the mosque (prayer room) will adversely affect the comfort of worshipping the congregation. The test is carried out from morning to night with 5 times of prayer, namely: (1) at 04.40; (2) at 12.30; (3) at 3:45 p.m.; (4) at 18.30; and (5) at 19.40. This thermal test is carried out by measuring temperature, humidity and wind speed at 35 measuring points. Temperature measurement is carried out using a digital measuring instrument, namely the Digital Humidity and Thermometer (Model LM-81HT) to measure air humidity and air temperature. Meanwhile, to measure wind speed, a Digital Anemometer (Model LM-81AM) was used. The measurement results of this study are the Fadhlurrahman Mosque is not able to reduce the temperature in the room. The comfort zone category can be achieved for the moving air category, because the measurement results show that the average temperature is 28.72 °C and the average wind speed is 1.53 m/s.

**Keywords:** *Comfort, mosque, thermal*

### **Abstrak:**

Masjid merupakan tempat ibadah bagi pemeluk agama Islam, sehingga penggunaannya dapat membawa kenyamanan bagi para pemeluknya setiap saat beribadah. Bentuk ibadah umat Islam yang berbeda menjadikan kebiasaan untuk menggunakan masjid minimal 5 kali per hari, yaitu pagi, siang, sore, sore dan malam. Oleh karena itu, desain bangunan masjid haruslah mengakomodasi kebutuhan-kebutuhan fisik tersebut. Ruang dalam masjid (ruang salat) yang bermasalah akan berpengaruh buruk terhadap kenyamanan beribadah para jamaahnya. Pengujian dilakukan dari pagi hingga malam hari dengan 5 rentang waktu ba'da sholat wajib, yaitu: (1) jam 04.40; (2) jam 12.30; (3) jam 15.45; (4) jam 18.30; dan (5) jam 19.40. Uji termal ini dilakukan dengan cara mengukur suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin pada 35 Titik Ukur (TU). Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital, yaitu Digital Humidity and Thermometer (Model LM-81HT) untuk mengukur kelembaban udara dan suhu udara. Sementara itu, untuk mengukur kecepatan angin digunakan alat Digital Anemometer (Model LM-81AM). Hasil pengukuran dari penelitian ini adalah Masjid Fadhlurrahman ini tidak mampu menurunkan suhu didalam ruangan. Kategori daerah nyaman (comfort zone) dapat dicapai untuk kategori udara bergerak, karena hasil pengukurannya memperlihatkan bahwa suhu rata-rata 28,72 °C dan kecepatan angin rata-rata 1,53 m/dt.

**Kata-kunci:** kenyamanan, masjid, termal

---

## **1. PENDAHULUAN**

Definisi dari kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran dimana kepuasan diekspresikan atau dinyatakan terhadap keadaan termal atau nyaman di sekitarnya [1]. Masjid merupakan tempat beribadah bagi umat Islam untuk berinteraksi dengan Tuhan Sang Pencipta. Dalam ibadah yang dilakukan agar lebih khushyuk dan tenang, maka masjid harus memiliki kenyamanan bagi penggunaanya yang

meliputi kenyamanan termal dari segi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin.

Masjid Fadhlurrahman merupakan masjid yang terletak di Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Surakarta, sehingga sering disebut masjid kampus karena terletak di lingkungan kampus. Lebih dari itu, masjid seharusnya tidak hanya menjadi tempat shalat, tetapi juga menjadi pusat pertumbuhan Al-Islam dan Muhammadiyah. Mahasiswa dan mahasiswa UMS mengoperasikan masjid dengan kegiatan seperti pengajaran, diskusi,

pengajian dan kegiatan yang bercirikan keagamaan Islam.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran kenyamanan termal pada masjid Sudalmiyah Rais yang merupakan masjid kampus 2 (dua) UMS. Masjid Sudalmiyah Rais terdiri dari 2 (dua) lantai, yaitu lantai dasar untuk jamaah putra dan lantai 2 (dua) untuk jamaah putri. Tingkat kenyamanan termal pada masjid Sudalmiyah Rais termasuk tipe udara yang bergerak (kecepatan 0,1-1,0 m/s) berdasarkan grafik daerah nyaman (Comfort Zone), daerah nyaman dapat dicapai pada kondisi bersuhu 25-35 °C dan berkelembaban 5-85% sehingga bangunan masjid tersebut dikatakan nyaman harus ada udara masuk ke dalam bangunan dengan kecepatan 0,1-1,0 m/s. Desain bangunan Masjid Sudalmiyah Rais terdapat banyak bukaan sehingga angin dapat masuk ke dalam bangunan [2].

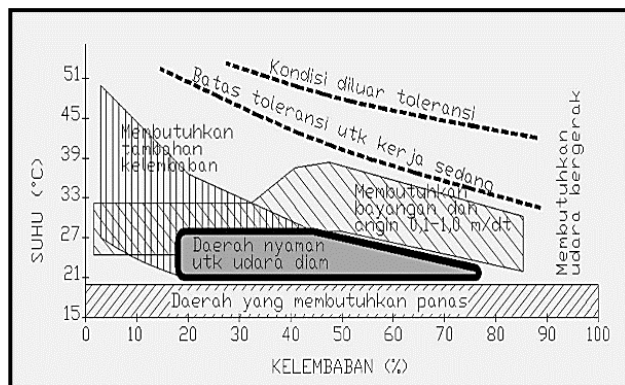
Penelitian pada Masjid Fadlurrahman yang terletak di lantai 2 berkapasitas sekitar 200 jamaah dalam kondisi normal sedangkan pada masa pandemi hanya menampung 80 jamaah. Masjid Fadlurrahman mempunyai sedikit bukaan itu hanya berupa pintu dan jendela boven dan bersebelahan dengan Fakultas Ilmu Kesehatan. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kenyamanan termal dengan pengukuran suhu, kelembaban dan angin.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Kenyamanan termal tergantung oleh 3 hal, yaitu: (1) suhu udara, (2) kelembaban udara dan (3) pergerakan udara. Kondisi suhu udara terkait dengan radiasi, sementara kelembaban udara terkait dengan uap air, sedangkan pergerakan udara terkait dengan tekanan. Masing-masing faktor tersebut akhirnya membentuk perpaduan yang khas dalam mewujudkan kenyamanan termal fisik manusia, yang sering disebut sebagai daerah nyaman (*comfort zone*) [3].

Kenyamanan termal untuk kondisi udara tidak bergerak dibagi menjadi tiga macam, yaitu: (1) sejuk nyaman, suhu efektif 20,5-22,8 °C; (2) nyaman optimal, suhu efektif 22,8-25,8 °C; dan (3) hangat nyaman, suhu efektif 25,8-27,1. Jadi, daerah nyaman fisik manusia untuk tipe udara diam dapat dicapai pada kondisi ruang bersuhu 21-27 °C dan berkelembaban 20-70%. Selanjutnya, standar kenyamanan termal untuk tipe udara yang bergerak (dengan standar rentang kecepatan angin 0,1-1,0m/dt), daerah nyaman dapat dicapai pada kondisi ruang bersuhu 25-35 °C dan berkelembaban 5-85%. Dengan kata lain, jika ada terjadi udara bergerak di dalam ruang, maka suhu nyaman untuk manusia bisa 8 derajat lebih tinggi dari standar nyaman tipe udara tidak bergerak. Pada sisi yang lain, kondisi ruang bangunan dapat mempunyai status di luar toleransi kenyamanan termal jika mempunyai keadaan udara

yang bersuhu di atas 51 °C dan keadaan angin yang berkecepatan lebih dari 2 m/dt [3]. Gambar 1 memberi gambaran tentang grafik kenyamanan.



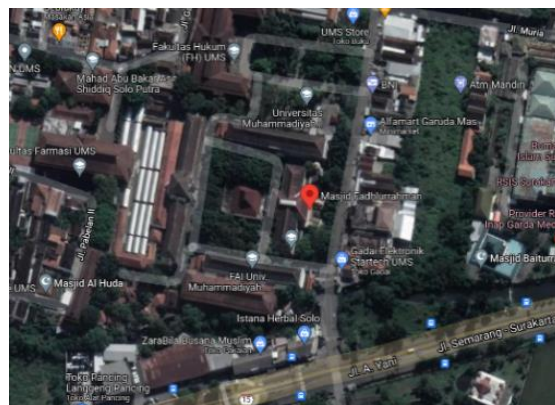
Gambar 1. Daerah Nyaman (*Comfort Zone*)  
(Sumber: Frick, 2007)

Penyegaran udara dapat dibedakan atas 3 macam, yaitu: (1) penyegaran udara pasif, (2) penyegaran udara aktif; dan (3) penyegaran udara mekanis. Penyegaran udara pasif adalah penyegaran udara di dalam ruangan dengan megandalkan hasil desain bangunan tanpa tindakan operasional maupun peralatan, sedangkan penyegaran udara aktif mensyaratkan adanya tindakan operasional dan peralatan untuk kenyamanan termal. Penyegaran udara mekanis merupakan pendinginan dalam ruangan yang megandalkan alat pendinginan dan penyaluran udara dingin [3].

Pada sisi yang lain, bahwa kecepatan angin diluar bangunan adalah sangat sulit jika hendak ditarik ke dalam bangunan. Angin di jalanan yang berkisar 2 m/dt pada ketinggian 1,5 meter di atas tanah itu, terbukti langsung lenyap ketika di dalam ruangan, atau kalaupun ada sangat kecil, yaitu hanya berkisar 0,1-0,4 m/dt [4].

## 3. METODOLOGI

Objek penelitan adalah Masjid Fadlurrahman Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Surakarta. Masjid Fadlurroman terletak di lantai 2 dengan luas ruang sekitar 288 m<sup>2</sup> (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Lokasi Objek Penelitian

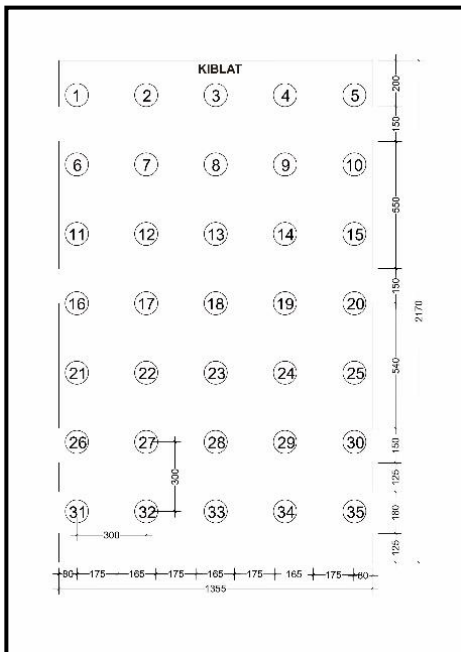


Gambar 3. Tampak Depan Masjid



Gambar 4. Ruang Sholat

Dalam penelitian ini menggunakan sampel titik ukur sejumlah 35 titik. Gambar 5 berikut ini menunjukkan denah titik ukur pada Masjid Fadhlurrahman Kampus 1 UMS.



Gambar 5. Denah Titik Ukur

Pengujian dilakukan dari pagi hingga malam hari dengan 5 (lima) rentang waktu setelah sholat wajib. Uji termal ini dilakukan dengan cara mengukur suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin pada 35 Titik Ukur (TU). Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital, yaitu *Digital Humidity and Thermometer* (Model LM-81HT) untuk mengukur kelembaban udara dan suhu udara. Sementara itu, untuk mengukur

kecepatan angin digunakan alat Digital Anemometer (Model LM-81AM).

Pengukuran **kecepatan angin** dilakukan pada hari Selasa, 18 Januari 2022 sejumlah 5 (lima) kali yaitu bertepatan waktu sholat wajib antara lain: (1) **Subuh** pukul 04.40 – 05.30; (2) **Dzuhur** pukul 12.30 – 13.20; (3) **Asar** pukul 15.45 – 16.30; (4) **Magrib** pukul 18,30 – 19.10; dan (5) **Isya** pukul 19.40 – 20.25.

Perkiraan cuaca di wilayah Kartasura pada tanggal Selasa, 18 Januari 2022, berdasarkan *id.meteotrend.com* antara lain:

- Pagi hari: sedikit hembusan angin, selatan barat, kecepatan 4-7 km/jam,
- Siang hari: Angin sedikit tenang, utara-barat, kecepatan 4 km/jam,
- Sore hari: Angin sedikit hembusan angin selatan barat, kecepatan 4-7 km/jam.

Untuk memperjelas data yang diperoleh dan akan disusun dalam bentuk Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Pengukuran Kecepatan Angin m/detik

KECEPATAN ANGIN (m/s)					
TITIK UKUR	SUBUH	DZUHUR	ASHAR	MAGRIB	ISYA
LUAR	0.5	2.2	2.0	0.6	0.8
1	0.3	2.0	1.6	1.2	1.2
2	0.2	1.7	1.7	1.8	0.7
3	0.3	1.4	1.6	0.9	1.5
4	0.3	1.8	2.0	1.5	1.3
5	1.0	1.4	1.5	1.3	1.3
6	0.2	1.6	0.9	2.3	1.1
7	0.3	1.6	0.8	0.8	0.9
8	0.5	1.6	0.7	1.6	0.7
9	0.1	1.2	0.7	1.3	1.1
10	0.5	1.3	1.4	1.7	1.0
11	0.2	1.8	0.9	1.2	1.2
12	0.1	1.2	0.8	1.6	0.9
13	0.1	0.6	1.0	1.6	0.8
14	0.2	1.5	1.1	1.8	0.9
15	0.2	1.8	0.8	1.7	0.9
16	0.2	1.4	2.3	0.7	0.1
17	0.2	1.8	1.1	1.0	3.1
18	0.3	1.8	1.1	1.0	1.2
19	0.0	1.2	1.1	1.4	1.3
20	0.0	1.5	1.2	1.3	1.2
21	0.7	1.6	1.2	1.0	0.7
22	0.1	1.5	0.8	0.7	1.4
23	0.0	1.8	1.8	1.1	0.8
24	0.0	1.1	1.5	0.6	0.9
25	0.6	1.3	1.6	2.3	0.8
26	0.0	2.1	2.3	0.6	1.6
27	0.3	1.5	1.2	0.9	0.9
28	0.1	1.2	1.5	1.0	1.1
29	0.1	1.2	1.2	0.7	1.0
30	0.2	1.5	1.9	1.1	3.6
31	0.3	1.7	2.4	1.8	1.2
32	0.4	1.8	1.8	2.1	0.8
33	0.5	1.4	1.2	2.4	1.5
34	0.0	1.3	1.4	1.2	1.4
35	0.2	2.4	1.4	1.1	0.8
RATA-RATA	0.26	1.53	1.38	1.32	1.07



Pengukuran **kelembaban udara** dilakukan pada hari Selasa, 18 Januari 2022 sejumlah 5 kali yaitu bertepatan waktu sholat wajib antara lain: (1) **Subuh** pukul 04.40 – 05.30; (2) **Dzuhur** pukul 12.30 – 13.20; (3) **Asar** pukul 15.45 – 16.30; (4) **Magrib** pukul 18,30 – 19.10; dan (5) **Isya** pukul 19.40 – 20.25.

Perkiraan cuaca di wilayah Kartasura pada tanggal Selasa, 18 Januari 2022, berdasarkan *id.meteotrend.com* antara lain:

- Pagi hari: Kelembaban relatif 82-92%.
- Siang hari: Kelembaban relatif 81-85%.
- Sore hari: Kelembaban relatif 84-86%

Hasil yang diperoleh adalah rata-rata kelembaban udara yang paling tinggi pada waktu sholat Subuh yaitu mencapai rata-rata 70,80 % di dalam bangunan dengan kondisi luar 100 % sedangkan yang paling rendah pada waktu sholat Dzuhur yaitu mencapai rata-rata 49.10 % didalam bangunan dengan kondisi luar 90 %. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran kelembaban udara pada Masjid Fadhlurrahman.

Pengukuran **suhu udara** dilakukan pada hari Selasa, 18 Januari 2022 sejumlah 5 kali yaitu bertepatan waktu sholat wajib antara lain: (1) **Subuh** pukul 04.40 – 05.30; (2) **Dzuhur** pukul 12.30 – 13.20; (3) **Asar** pukul 15.45 – 16.30; (4) **Magrib** pukul 18,30 – 19.10; dan (5) **Isya** pukul 19.40 – 20.25.

Perkiraan cuaca di wilayah Kartasura pada tanggal Selasa, 18 Januari 2022, berdasarkan *id.meteotrend.com* antara lain:

- Pagi hari: suhu udara 24-25 °C.
- Siang hari: suhu udara 25-26 °C.
- Sore hari: suhu udara 24 °C

Hasil yang diperoleh adalah rata-rata suhu udara yang paling tinggi pada waktu sholat Dzuhur yaitu mencapai rata-rata 28,72 °C dengan kondisi luar 26 °C, sedangkan pada suhu udara yang paling rendah pada waktu sholat Subuh dan magrib yaitu mencapai rata-rata 25,70 °C dengan kondisi luar 23 °C. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran Suhu udara pada Masjid Fadhlurrahman.

**Tabel 2.** Pengukuran Kelembaban Udara (%)

KELEMBAPAN UDARA %					
TITIK	SUBUH	DZUHUR	ASHAR	MAGRIB	ISY
UKUR					A
LUAR	100	90	97	98	98
1	69	50	54	54	64
2	70	52	62	62	65
3	72	52	68	68	70
4	75	52	68	68	68
5	77	52	62	62	68
6	77	54	68	68	70
7	77	54	70	70	71
8	76	52	73	73	69
9	76	53	73	73	69
10	76	54	60	70	68
11	75	56	62	62	69
12	75	56	70	70	69
13	74	56	75	75	70
14	74	55	71	76	70
15	71	50	62	63	70
16	72	45	59	59	59
17	73	45	66	66	59
18	73	46	71	71	64
19	73	51	70	70	66
20	75	53	68	68	68
21	69	40	58	58	60
22	68	43	65	65	60
23	68	44	75	75	60
24	68	45	73	73	58
25	67	44	74	74	58
26	66	44	58	63	58
27	66	44	63	75	59
28	66	44	75	75	57
29	66	44	75	78	58
30	67	45	78	78	59
31	65	45	59	59	58
32	66	43	59	59	58
33	66	45	59	59	58
34	66	44	63	63	58
35	66	66	78	78	59
RATA-RATA	70.8	49.1	66.9	68	63.5

**Tabel 3.** Pengukuran Suhu Udara (°C)

SUHU UDARA (°C)					
TITIK	SUBUH	DZUHUR	ASHAR	MAGRIB	ISYA
UKUR					
LUAR	23	26	26	24	25
1	24,6	28,3	25,5	25	25,6
2	24,6	28,3	25,6	25,1	25,6
3	24,6	28,3	25,6	25,1	25,6
4	24,7	28,3	25,8	25,2	25,7
5	25	28,3	25,7	25,1	25,8
6	25	28,3	26,4	25,1	26,6
7	24,9	28,4	26,5	25,3	26,1
8	24,9	28,4	24,6	25,1	26,1
9	24,7	28,5	25,6	25,2	16
10	25	28,5	25,6	25,1	15,9
11	25	28,5	26,3	25,3	26,4
12	25	28,5	26,5	25,3	26,4
13	25	28,6	26,6	25,3	26,4
14	25	28,7	25,6	25,6	26,5
15	25	28,7	25,6	25,7	26,4
16	25,3	28,9	26,3	26,3	26,9
17	25,3	28,8	26,4	26,1	26,9
18	25,3	28,8	26,6	26	26,7
19	25,3	28,8	26	25,9	26,7
20	25,1	28,6	25,6	25,6	26,6
21	25,5	28,9	26,3	26,3	26,9
22	25,5	25,5	26,5	26,3	26,9
23	24,6	29	26,7	26,5	26,7
24	25,6	29,2	26	26,7	26,6
25	25,5	29,2	25,9	26,6	26,6
26	25,9	29,4	26,4	25,3	26,7
27	25,8	29,3	26,6	26,4	26,7
28	25,7	29,2	26,9	26,2	26,6
29	25,7	29,2	26,2	26,3	26,7
30	25,7	29,1	26,3	26,3	26,7
31	25,8	29,4	26,3	26,2	26,7
32	25,8	29,4	26,3	26,2	26,7
33	25,8	29,2	26,3	26,2	26,5
34	25,8	29,3	26,3	26,2	26,6
35	25,8	29,4	26,4	26,2	26,6
RATA-RATA	25,7	28,72	26,1	25,7	26,4

Berdasarkan hasil pengukuran diatas maka diperoleh rata-rata terhadap kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu udara seperti pada tabel 4 dibawah ini:

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Kenyamanan Termal

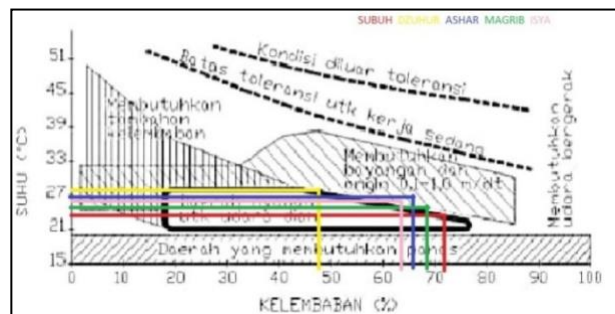
Waktu	Kecepatan Angin	Kelembaban Udara	Suhu Udara
Subuh	0.26 m/s	70.80 %	25.70 °C
Dzuhur	1.53 m/s	49.10 %	28.72 °C
Ashar	1.38 m/s	66.90 %	26.10 °C
Magrib	1.32 m/s	68.00 %	25.70 °C
Isya	1.07 m/s	63.50 %	26.40 °C

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran termal maka dilakukan analisis sebagai berikut:

- Rata-rata kecepatan angin yang masuk kedalam bangunan tersebut paling tinggi pada waktu sholat Dzuhur yang mencapai rata-rata 1,53 m/s dengan kondisi luar mencapai 2,0 m/s. sedangkan yang paling rendah pada waktu sholat Subuh yaitu mencapai rata-rata 0,26 m/s dengan kondisi diluar 0,5 m/s.
- Rata-rata kelembaban udara yang paling tinggi pada waktu sholat Subuh yaitu mencapai rata-rata 70,80 % di dalam bangunan dengan kondisi luar 100 % sedangkan yang paling rendah pada waktu sholat Dzuhur yaitu mencapai rata-rata 49,10 % didalam bangunan dengan kondisi luar 90 %.
- Rata-rata suhu udara yang paling tinggi pada waktu sholat Dzuhur yaitu mencapai rata-rata 28,72 °C dengan kondisi luar 26 °C, sedangkan pada suhu udara yang paling rendah pada waktu sholat Subuh dan magrib yaitu mencapai rata-rata 25,70 °C dengan kondisi luar 23 °C.

Analisis termal pada Masjid Fadlurrahman dapat diperjelas pada grafik *Comfort Zone* dibawah ini:



**Gambar 6.** Grafik Daerah Nyaman Masjid Fadlurrahman

Berdasarkan grafik pengukuran suhu di atas, maka pada saat suhu di luar ruang mengalami kondisi tertinggi yaitu 26 °C, ternyata kondisi suhu di dalam ruang justru meningkat mencapai 28,72 °C. Dengan kata lain, desain Masjid Fadlurrahman tidak dapat menurunkan suhu di dalam ruangan.

Daerah nyaman fisik manusia, untuk tipe udara diam, dapat dicapai pada kondisi bersuhu 21-27 °C dan berkelembaban 20-70 %. Selain itu, untuk tipe udara yang bergerak (kecepatan 0,1-1,0 m/dt), daerah nyaman dapat dicapai pada kondisi bersuhu 25- 35 °C dan berkelembaban 5-85 % [3].

Kecepatan angin di luar bangunan (jalan, gang, lapangan) rata-rata mencapai 4 m/dt pada ketinggian 1,5 m dari muka tanah. Kecepatan angin di atas 2 m/dt itu dapat membuat efek penyegaran 2,3-4,2 °C pada saat udara bersuhu 30 °C [2].

Berdasarkan acuan grafik *comfort zone*, maka Masjid Fadlurrahman ini mampu mencapai daerah nyaman (*comfort zone*) untuk **kategori udara bergerak**, karena hasil pengukurannya

memperlihatkan bahwa suhu rata-rata 28,72 °C dan kecepatan angin rata-rata 1,53 m/dt. Sesuai standar daerah nyaman untuk kategori udara bergerak, maka ruang yang nyaman harus mempunyai rentang suhu 25-35 °C dan rentang kecepatan angin 0,1-1,0m/dt.

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengukuran termal pada Masjid Fadlurrahman UMS menunjukkan hasil bahwa bangunan Masjid Fadlurrahman ini tidak mampu menurunkan suhu didalam ruangan.

Kategori daerah nyaman (*comfort zone*) dapat dicapai untuk kategori udara bergerak, karena hasil pengukurannya memperlihatkan bahwa suhu rata-rata 28,72 °C dan kecepatan angin rata-rata 1,53 m/dt. Kenyamanan didalam masjid perlu dibantu dengan banyak bukaan (jendela) atau menggunakan fan (kipas angin) atau AC untuk membantu penurunan suhu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," Tullie Circle, NE, 2016.
- [2] T. S. Putri and R. Azizah, "Kenyamanan Termal Pada Masjid Sudalmiyah Rais Universitas Muhammadiyah Surakarta," in *RAPI XVIII, Fakultas Teknik UMS, Surakarta*, Surakarta, 2019.
- [3] H. Frick, A. Ardiyanto and A. Darmawan, (2007). *Ilmu Fisika Bangunan: Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembaban, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi dan Kebakaran*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2007.
- [4] R. d. Q. Azizah, "Rekayasa Kenyamanan Termal pada Bangunan Rumah di Perkotaan," in *Prosiding RAPI X Fakultas Teknik UMS*, Surakarta, 2011.