

# Kualitas Ruang Masjid Berkubah yang Dibangun Masyarakat Secara Swadaya dari Aspek Kenyamanan Termal di Kabupaten Demak

Mohammad Kusyanto <sup>1</sup>, Sugeng Triyadi <sup>2</sup>, Surjamanto Wonorahardjo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Doktoral Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung.

<sup>2,3</sup> Kelompok Keilmuan Teknologi Bangunan, Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung.

## Abstrak

Pembangunan masjid secara swadaya masyarakat di Kabupaten Demak umumnya mengadopsi arsitektur atap kubah yang menggunakan beton. Kemampuan masyarakat untuk memperluas, meningkat atau membangun baru masjid, diduga mempengaruhi kualitas ruang masjid khususnya aspek kenyamanan termalnya. Tulisan ini membahas peran beberapa faktor fisik bangunan seperti lokasi geografis masjid, posisi dan luasan bukaan di bangunan serta jarak antar gedung diduga mempengaruhi kenyamanan termal ruang-ruang masjid berkubah di pusat kota dan pesisir. Untuk itu dilakukan perbandingan nilai temperatur udara bola kering ( $T_{DB}$  °C), basah ( $T_{WB}$  °C), kelajuan aliran udara ( $v$  m/s), temperatur bola hitam ( $T_{BG}$  °C) dan kelembapan relatif udara (RH %) sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal ( $ET$  °C) kedua masjid tersebut. Hasil pengamatan menunjukkan secara umum masjid memiliki ruang utama, serambi dan halaman yang diukur serentak temperaturnya pada hari Jumat antara pukul 06.00-18.00 di empat titik ukur kedua masjid. Hasil kajian menunjukkan perbedaan kualitas kenyamanan termal ruang masjid dipengaruhi oleh posisi Kabupaten Demak Jawa Tengah dekat dengan pantai Utara Jawa dan lingkungan sekitarnya menunjukkan : 1) faktor letak bukaan dan letak masjid mempengaruhi pola aliran udara di dalam ruang; 2) faktor luas bukaan dan jarak masjid dengan bangunan di sekitarnya mempengaruhi nilai kelembapan relatif udara di dalam ruang masjid

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

## *Comfort Quality of Domed Mosque Space Built by the Communities in Demak Regency*

### *Abstract*

*The construction of mosques in a self-supporting community in Demak Regency generally adopts a domed roof architecture using concrete. The ability of the community to expand, increase or build new mosques, allegedly affect the quality of the mosque space, especially the aspect of thermal comfort. This paper discusses the role of several physical factors of the building such as the geographical location of the mosque, the position and extent of openings in the building and the distance between buildings allegedly affect the thermal comfort of vaulted mosque spaces in downtown and coastal areas. For this purpose, comparing the values of dry air ball temperature ( $T_{DB}$  °C), wet ( $T_{WB}$  °C), air velocity ( $v$  m/s), black ball temperature ( $T_{BG}$  °C) and air relative humidity (RH %) factors affecting thermal comfort ( $ET$  °C) of both mosques. The observations show that in general the mosque has the main hall, porch and yard measured simultaneously on Friday between 06.00-18.00 at the four points of the second mosque. The result of the study showed that the difference of thermal comfort quality of the mosque space was influenced by the position of Demak Regency of Central Java close to the north coast of Java and the surrounding environment showed: 1) the location of the openings and the location of the mosque influenced the pattern of airflow in the room; 2) the extent of exposure and distance of the mosque with surrounding buildings affects the relative humidity value of air within the mosque space.*

**Keywords** : *domed, openings, comfort, mosque, thermal*

### **Kontak Penulis**

Mohammad Kusyanto

Program Studi Doktoral Arsitektur, SAPPK Institut Teknologi Bandung. Jl. Ganesha 10 Bandung. Tel : +62-22-2504962 Fax : +62-22-2504962

E-mail : mohhammad\_kusyanto@student.itb.ac.id

### **Informasi Artikel**

Diterima editor 14 Juni 2017. Disetujui untuk diterbitkan 10 September 2017 ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 |

<https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

## Pengantar

Masjid sebagai tempat peribadatan umat Islam dapat dijumpai hampir di semua tempat di seluruh wilayah Indonesia termasuk di wilayah Kabupaten Demak Propinsi Jawa Tengah. Masjid ada yang dibangun oleh pemerintah tetapi sebagian besar dibangun oleh masyarakat (Serageldin, 1990). Kebutuhan ruang masjid untuk menampung jamaah yang lebih banyak mendorong masyarakat membangun atau memperluas masjid dengan mengoptimalkan lahan yang ada. Optimalisasi penambahan ruang umumnya dengan cara membangun secara vertikal dan memaksimalkan sisi Selatan, Barat dan Utara masjid sehingga berhimpitan dengan rumah warga. Sedangkan gaya arsitektur kubah sangat populer digunakan oleh masyarakat karena dianggap mengikuti perkembangan masjid-masjid saat ini.

Partisipasi masyarakat dalam pembangunan masjid melibatkan kemampuan finansial dan pengetahuan masyarakat. Pembangunan dilaksanakan secara bertahap (*incremental*) sesuai dengan dana yang didapatkan dari masyarakat. Masjid berkubah ini memiliki ruang utama yang merupakan ruang penting sakral sebagai tempat bersujud kepada Tuhan (Kusyanto, 2007). Selain ruang utama sholat terdapat ruang serambi yang berhubungan langsung dengan ruang luar (halaman).

Keberadaan ruang-ruang dalam masjid berkubah tidak terlepas dari pengaruh kondisi iklim tropis meliputi temperatur udara, radiasi, kelembapan relatif udara dan kelajuan aliran udara pada titik tertentu akan menghasilkan suatu kondisi kenyamanan (Lippsmeier, 2004; Humphreys & Nicol, 2002). Menurut Frick (2008), faktor kenyamanan termal meliputi 3 hal, yaitu temperatur udara, kelembapan relatif udara dan kelajuan aliran udara. Temperatur udara dipengaruhi oleh radiasi kalor, kelembapan relatif udara dipengaruhi oleh keberadaan air, sedangkan kelajuan aliran udara dipengaruhi oleh adanya perbedaan tekanan udara. Masing-masing faktor tersebut mempengaruhi sensasi kenyamanan termal pada manusia, yang disebut sebagai zona nyaman (*comfortable zone*). Kenyamanan termal adalah suatu kondisi termal yang dirasakan oleh manusia yang dipengaruhi oleh lingkungan dan benda-benda di sekitar arsitekturnya (Frick, 2008), apabila lingkungan arsitekturnya tidak sesuai dengan kaidah perencanaan maka dapat mempengaruhi kenyamanan termal ruangan.

Temperatur nyaman menurut tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan, kondisi sejuk nyaman temperatur berkisar 20,5 °C sampai dengan 22,8 °C, untuk nyaman optimal berkisar 22,8 °C sampai dengan 25,8 °C, sedangkan untuk hangat nyaman berkisar 25,8 °C sampai dengan 27,1 °C. Kenyamanan termal suatu ruangan yang berada di luar batas normal akan menimbulkan perasaan tidak nyaman, baik ketidaknyamanan fisik maupun mental seseorang, sehingga dapat memunculkan berbagai persepsi dan perilaku negatif (Talarosha, 2005). Menurut Santosa (1993) untuk kondisi di Indonesia temperatur

pada musim panas adalah 26-34 °C, kelembapan relatif udara 69 %, kelajuan aliran udara 1,1m/det; suhu pada musim hujan 24-31°C, kelembapan relatif udara 80-90 %, kelajuan aliran udara 2,5m/det. Sedangkan menurut Satwiko (2004) idealnya temperatur udara nyaman 24-26 °C, kelembapan relatif udara 40-60 %, kelajuan aliran udara 0,6-1,5m/det, pakaian ringan dan selapis, kegiatan santai. SNI (2011) menyatakan bahwa temperatur yang nyaman untuk melakukan aktivitas berada pada kisaran 22,8 °C – 25,8 °C.

Bangunan masjid memiliki ventilasi/bukaan. Ventilasi sangat berperan dalam mencapai tingkat kenyamanan (Kussay, 2011). Ventilasi ini digunakan untuk aliran udara yang masuk dan keluar dari ruangan. Aliran udara pada ruangan masjid sangat dibutuhkan, terutama pada saat pelaksanaan sholat Jum'at yang akan terjadi akumulasi panas dan kelembapan relatif udara yang membuat ruangan menjadi tidak nyaman (Indrayadi, 2011). Desain bukaan dan sirkulasi dimaksudkan untuk memasukkan udara luar ke dalam ruang sholat utama, hal ini dikarenakan pergerakan udara merupakan faktor penting di dalam sebuah perencanaan, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap kondisi iklim bangunan tersebut (Rahim, 2012).

Kelajuan aliran udara di dalam ruang dikendalikan oleh posisi dan besar bukaan ventilasi yang mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang-ruang tersebut (Gratia, dkk., 2004) atau memberikan efek pendinginan (Reynold, 2001), serta menjamin kualitas udara di dalam ruangan tetap sehat dan nyaman (Satwiko, 2004).

Masyarakat membangun masjid berkubah dengan posisi berhimpit rumah warga pada sisi Selatan, Utara dan Barat sehingga hanya memungkinkan membuat bukaan ventilasi yang minimal. Penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kualitas kenyamanan termal ruang-ruang masjid berkubah di dua daerah tersebut serta peran faktor-faktor fisik bangunan dan lingkungan.

## Metode

Penelitian ini berupa studi kasus (Creswell, 2012) di mana data dan informasi diambil dari kasus dua buah Masjid di dua daerah dengan iklim mikro yang berbeda yakni daerah pesisir dan pusat kota.

### Metode Pengumpulan Data

Data primer diperoleh menggunakan teknik observasi atau pengamatan dan pengukuran lapangan langsung (Sugiyono, 2012). Data kondisi lingkungan termal diperoleh melalui pengukuran di lapangan dengan menggunakan *Thermometer Wet and Dry* dan anemometer digital (Gambar 1).



**Gambar 1.** Alat ukur temperatur udara dan kelajuan aliran angin

Pengukuran dilakukan sehari pada hari Jumat antara pukul 06.00 hingga pukul 18.00 di 4 titik ukur yang terbagi di dalam ruang utama lantai 2, ruang serambi lantai 2, ruang utama lantai 1 dan serambi lantai 1. Pencatatan dilakukan setiap satu.

Masjid yang dipilih yakni masjid Jami' Baitul Muttaqin desa Sidogemah Kecamatan Sayung dan Jami' Al-Huda desa Bolo Kecamatan Kota Demak. Sampel ini dipilih untuk mewakili populasi dari 32 sampel masjid berkubah di Kabupaten Demak.

**Metode Analisis Data**

Hasil analisis didapatkan dengan mendeskripsikan kualitas kenyamanan yang ditunjukkan melalui analisis komparatif pada ruang di kedua masjid yang dibangun secara swadaya masyarakat. Temperatur efektif pada setiap titik ukur dicari dengan menggunakan nomogram temperatur efektif (ET °C). Data rata-rata temperatur udara kering ( $T_{DB}$  °C) dan temperatur udara basah ( $T_{WB}$  °C) yang diperoleh menggunakan *sling thermometer* dan hasilnya dianalisis dengan menggunakan diagram psikometri untuk mendapatkan nilai kelembapan relatif udara (RH %) pada titik-titik ukur tersebut.

**Hasil dan Pembahasan**

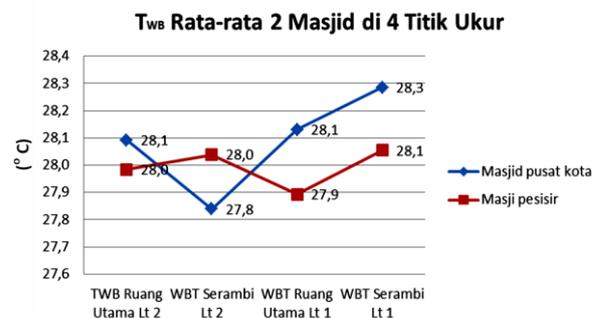
Pengukuran  $T_{WB}$ ,  $T_{DB}$ ,  $T_{BG}$ , kelajuan aliran udara (v m/s) dan fisik bangunan dilakukan di masjid jami' Baitul Muttaqin desa Sidogemah kecamatan Sayung yang wilayahnya tidak jauh dari Laut Jawa ( daerah pesisir) dan masjid Jami' Al-Huda di desa Bolo kecamatan Kota Demak (daerah pusat kota) (Gambar 2). Kedua masjid ini berada di permukaan warga dan berhimpit dengan rumah-rumah warga.

Rata-rata hasil pengukuran temperatur antara pukul 06.00-18.00 dibuat untuk seluruh titik ukur. Rata-rata  $T_{WB}$  untuk empat titik ukur di kedua masjid daerah pusat kota dan daerah pesisir berkisar 27.8°C hingga 28.3°C. Hal ini menunjukkan keempat titik ukur di kedua masjid termasuk zona kurang nyaman bagi jamaah saat di ruang sholat. Jamaah akan menempati keempat titik ukur tersebut terutama saat sholat Jum'at (Gambar 3a dan 3b).



**Gambar 2.** Obyek penelitian masjid Jami' Baitul Muttaqin desa Sidogemah Kecamatan Sayung dan Jami' Al-Huda desa Bolo Kecamatan Kota Demak (Sumber Peta : RTRW Kabupaten Demak 2010-2030)

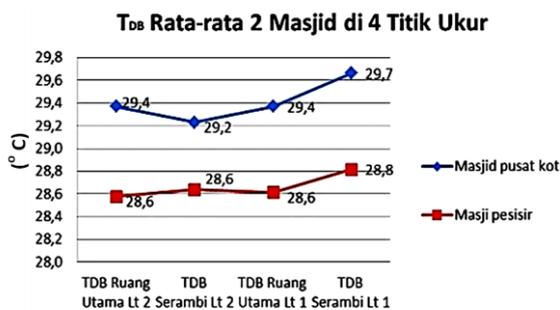
Hasil pengukuran didapatkan nilai  $T_{WB}$  di ruang utama lantai dua masjid pusat kota lebih tinggi dibandingkan masjid pesisir. Temperatur titik ukur serambi lantai 2 masjid pusat kota lebih rendah dibandingkan masjid pesisir. Sedangkan titik ukur ruang utama lantai 1 dan serambi lantai 1,  $T_{WB}$  masjid pusat kota lebih tinggi dibandingkan dengan yang di masjid pesisir. Selisih temperatur terendah di titik ukur ruang utama lantai 2 dengan selisih 0.1 °C. Selisih tertinggi di titik ukur ruang utama lantai 1 dan serambi lantai 1 dengan selisih 0.2 °C. Temperatur di titik ukur serambi lantai 2 masjid pusat kota bertemperatur lebih rendah dari masjid pesisir. Berdasarkan hasil pengukuran di atas, maka dapat disimpulkan rata-rata  $T_{WB}$  semua titik ukur masjid pusat kota 28.1 °C lebih tinggi dari masjid pesisir 28.0 °C dengan selisih 0.1 °C (Gambar 4).



**Gambar 4.**  $T_{WB}$  rata-rata 4 titik ukur di masjid pusat kota dan masjid pesisir

Rata-rata temperatur antara pukul 06.00-18.00 untuk semua titik ukur menunjukkan masjid pusat kota dan masjid pesisir berkisar 28.6°C hingga 29.7°C. Hal ini menunjukkan keempat titik ukur di kedua masjid termasuk zona kurang nyaman bagi jamaah.

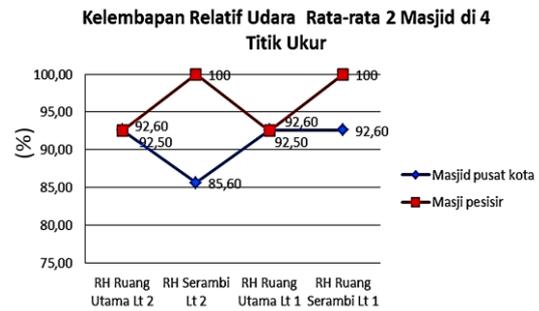
Hasil rata-rata  $T_{DB}$  di keempat titik ukur masjid pusat kota lebih tinggi dibandingkan masjid pesisir. Selisih temperatur terendah di titik ukur serambi lantai 2 dengan selisih 0.6 °C. Selisih tertinggi di titik ukur serambi lantai 1 dengan selisih 0.9 °C. Berdasarkan hasil pengukuran di atas, maka dapat disimpulkan rata-rata  $T_{DB}$  semua titik ukur di masjid pusat kota 29.4 °C lebih tinggi dibandingkan masjid pesisir 28.7 °C dengan selisih 0.7 °C (Gambar 5).



**Gambar 5.**  $T_{DB}$  rata-rata 4 titik ukur di masjid pusat kota dan masjid pesisir

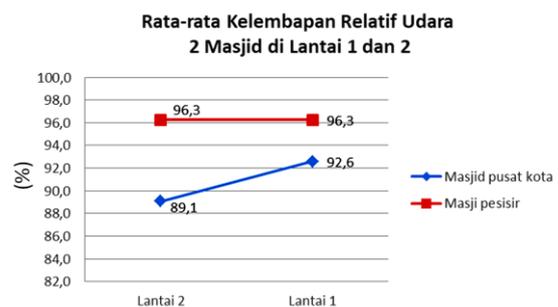
Berdasarkan hasil rata-rata  $T_{DB}$  dan  $T_{WB}$  tersebut, maka diperoleh nilai kelembapan relatif udara dari diagram psikometri untuk masing-masing ruangan titik ukur. Nilai kelembapan relatif udara (RH %) di semua titik ukur di antara 85,60% hingga 100%. Selisih nilai kelembapan relatif udara terendah di titik ukur ruang utama lantai 2 dengan selisih 0%. Selisih tertinggi terdapat di titik ukur serambi lantai 2 dengan selisih 14,40%. Berdasarkan nilai kelembapan relatif udara di atas menunjukkan bahwa keempat titik ukur berada pada zona kurang nyaman.

Nilai kelembapan relatif udara yang diperoleh berdasarkan diagram psikometri di titik ukur ruang utama lantai 2 di masjid pusat kota dan di masjid pesisir memiliki nilai kelembapan relatif udara yang sama yakni 92,60%. Titik ukur serambi lantai 2 di masjid pusat kota memiliki kelembapan relatif udara 85,60% lebih rendah dibanding di masjid pesisir yang memiliki kelembapan udara 100%. Kelembapan relatif udara di titik ukur ruang utama lantai 1 di masjid pusat kota lebih rendah selisih 0,1% dibandingkan dengan di masjid pesisir. Untuk titik ukur serambi lantai 1 di masjid pusat kota memiliki kelembapan relatif udara lebih rendah dibandingkan di masjid pesisir dengan selisih kelembapan relatif udara 7,40% (Gambar 6). Berdasarkan keseluruhan kelembapan relatif udara di 4 titik ukur menunjukkan bahwa kelembapan relatif udara di masjid pusat kota lebih rendah dibandingkan di masjid pesisir. Kualitas kenyamanan termal ruang di masjid pesisir kurang nyaman dibandingkan dengan di masjid pusat kota.



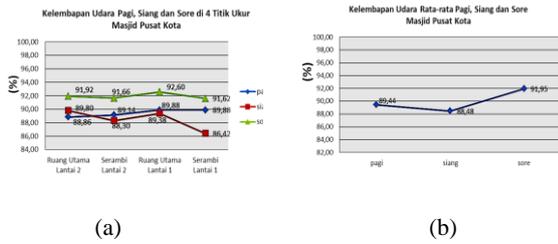
**Gambar 6.** Rata-rata kelembapan relatif udara 4 titik ukur di masjid pusat kota dan di masjid pesisir

Kualitas kenyamanan termal ruang masjid lantai 2 dapat dilihat dari rata-rata nilai kelembapan relatif udara ruang utama lantai 2 dan serambi lantai 2. Sedangkan kualitas kenyamanan ruang masjid lantai 1 dapat dilihat dari nilai rata-rata ruang utama lantai 1 dan serambi lantai 1. Berdasarkan hasil analisis kelembapan relatif udara semua titik ukur, didapatkan bahwa kelembapan relatif udara lantai 2 di masjid pesisir lebih tinggi dibandingkan dengan di masjid pusat kota dan kelembapan relatif udara lantai 1 di masjid pesisir juga lebih tinggi dibandingkan dengan di masjid pusat kota (Gambar 7). Hal ini menunjukkan kualitas ruang 1 dan 2 di masjid pesisir kurang nyaman dibandingkan dengan di masjid pusat kota.



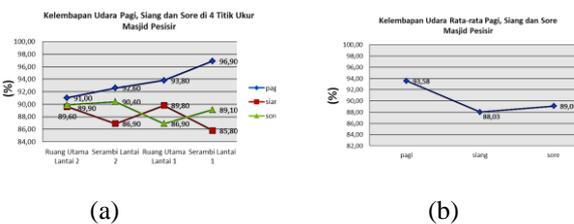
**Gambar 7.** Rata-rata kelembapan relatif udara lantai 1 dan 2 di masjid pusat kota dan di masjid pesisir

Nilai kelembapan relatif udara (RH %) pada 4 titik ukur di kedua masjid dapat diketahui perbedaan kelembapan udara pada pagi hari (pukul 06.00-10.00), siang hari (pukul 10.00-14.00) dan sore hari (pukul 14.00-18.00). Kelembapan relatif udara di masjid pusat kota di titik ukur ruang utama lantai 2 terlihat kelembapan relatif udara pagi hari lebih rendah dibandingkan siang hari dan sore hari. Kelembapan relatif udara di titik ukur serambi lantai 2, ruang utama lantai 1 dan serambi lantai 1 terlihat kelembapan relatif udara siang hari lebih rendah dibandingkan pagi hari dan sore hari. (Gambar 8a). Kelembapan relatif udara rata-rata di masjid pusat kota menunjukkan kelembapan relatif udara siang hari lebih rendah dibandingkan pagi hari dan sore hari (Gambar 8b).



**Gambar 8a** (kiri). Kelembapan relatif udara pagi, siang, sore di 4 titik ukur di masjid pusat kota  
**Gambar 8b** (kanan). Kelembapan relatif udara rata-rata pagi, siang, sore di masjid pusat kota

Kelembapan relatif udara di masjid pesisir pada titik ukur ruang utama lantai 2 dan serambi lantai 2 terlihat kelembapan relatif udara pagi hari lebih rendah dibandingkan siang hari dan sore hari. Kelembapan relatif udara di titik ukur ruang utaa lantai 1 dan serambi lantai 1 terlihat kelembapan relatif udara pagi hari lebih rendah dibandingkan sore hari dan siang hari (Gambar 9a). Kelembapan relatif udara rata-rata dari 4 titik ukur menunjukkan kelembapan relatif udara siang hari lebih rendah dibandingkan pagi dan sore hari (Gambar 9b).



**Gambar 9a** (kiri). Kelembapan relatif udara pagi, siang, sore di 4 titik ukur di masjid pesisir  
**Gambar 9b** (kanan). Kelembapan relatif udara rata-rata pagi, siang, sore di masjid pesisir

Berdasarkan analisis di atas menunjukkan perbedaan kualitas ruang ditinjau dari kelembapan relatif udara. Masjid pusat kota menunjukkan kelembapan relatif udara pagi hari tinggi ke siang hari menurun dan sore hari naik secara *significant*. Sedangkan kelembapan relatif udara di masjid pesisir dari pagi hari ke siang hari turun secara *significant* dan sore hari mengalami kenaikan.

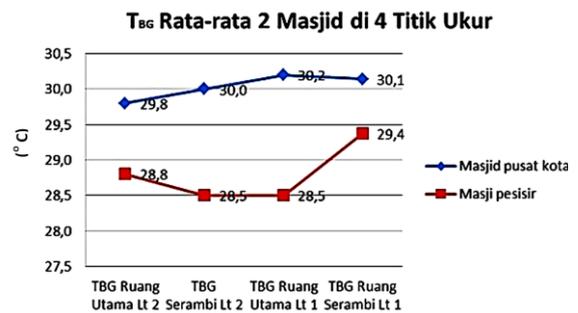
Kualitas kenyamanan ruang masjid dipengaruhi oleh kelajuan aliran udara yang masuk ke dalam ruangan. Hasil pengukuran menunjukkan keempat titik ukur masing-masing masjid memiliki kelajuan aliran udara 0,1 meter/detik (Gambar 10).



**Gambar 10.** Kelajuan aliran udara pada 4 titik ukur di masjid pusat kota dan masjid pesisir dari pukul 06.00-18.00

Kelajuan aliran angin rata-rata di kedua masjid adalah 0,1 meter/detik menunjukkan kelajuan anginnya sangat kecil. Menurut Liping, dkk. (2007), untuk mengkompensasi temperatur tinggi pada ruangan dengan memberikan kelajuan angin lebih tinggi. Kelajuan aliran angin yang kecil di kedua masjid tidak berpengaruh terhadap kenyamanan termal di dalam ruang.

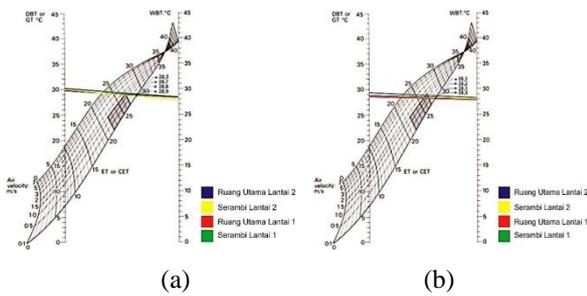
Kenyamanan termal 4 titik ukur masjid dapat diukur dengan menggunakan nomogram yang akan menghasilkan temperatur efektif yang diperbaiki (*Corrected Effective Temperature/CET*). Dalam analisis CET ini membutuhkan data  $T_{WB}$ , kelajuan aliran udara ( $v$  m/s) dan temperatur bola hitam ( $T_{BG}$ ). Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan didapatkan Temperatur bola hitam ( $T_{BG}$ ) masjid pusat kota terendah pada titik ukur ruang utama lantai 2 sebesar 29,8 °C dan tertinggi ruang utama lantai 1 sebesar 30,2 °C. Sedangkan temperatur bola hitam ( $T_{BG}$ ) masjid pesisir terendah di titik ukur ruang serambi lantai 2 dan ruang utama lantai 1 sebesar 28,5 °C dan tertinggi di titik ukur ruang serambi lantai 1 sebesar 29,4 °C. Temperatur bola hitam ( $T_{BG}$ ) keempat titik ukur di masjid pusat kota lebih tinggi dibandingkan keempat titik ukur masjid pesisir. (Gambar 11).



**Gambar 11.**  $T_{BG}$  rata-rata 4 titik ukur di masjid pusat kota dan di masjid pesisir

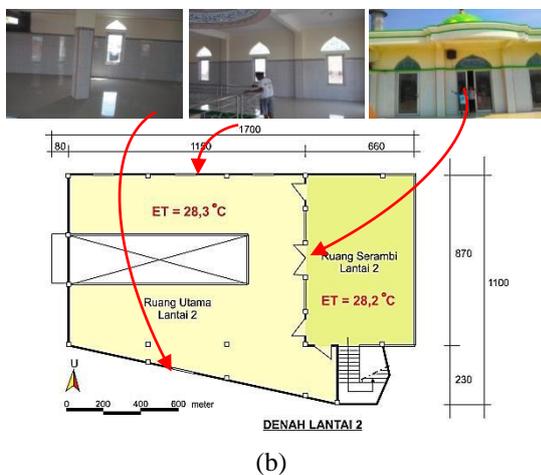
Analisis ET masjid pusat kota di empat titik ukur dapat diukur dengan menggunakan nomogram yang menempatkan data  $T_{BG}$  setiap titik ukur di skala vertikal sebelah kiri,  $T_{WB}$  setiap titik ukur di skala vertikal kanan dan data kelajuan aliran udara pada garis lengkung sehingga terjadi perpotongan yang menunjukkan temperatur ET.

ET masjid pusat kota menunjukkan di titik ukur ruang utama lantai 2 sebesar 28,5 °C, serambi ruang lantai 2 sebesar 28,7 °C, ruang utama lantai 1 sebesar 28,6 °C dan serambi lantai 1 sebesar 28,9 °C. Zona nyaman ET adalah sebesar 22° C - 27° C, sedangkan hasil yang didapat ET masjid pusat kota antara 28,5 °C- 28,9 °C, sehingga kondisi kenyamanan termal keempat titik ukur adalah kurang nyaman (Gambar 12a). ET masjid pesisir menunjukkan titik ukur ruang utama lantai 2 sebesar 28,3 °C, serambi ruang lantai 2 sebesar 28,2 °C, ruang utama lantai 1 sebesar 28,1 °C dan serambi lantai 1 sebesar 28,5 °C. Keempat titik ukur yang memiliki ET antara 28,1 °C – 28,5 °C, menunjukkan kondisi kurang nyaman (Gambar 12b).



**Gambar 12a** (kiri). ET empat titik ukur di masjid pusat kota  
**Gambar 12b** (kanan). ET empat titik ukur di masjid pesisir

Masjid pesisir di lantai 1 pada sisi Selatan tidak memiliki bukaan karena langsung berhimpitan dengan dinding rumah warga. Bukaan pada sisi Utara hanya berfungsi satu jendela karena jendela lainnya tertutup dinding rumah warga. Sirkulasi udara lantai 1 sangat dominan mengandalkan bukaan jendela dan pintu dari sisi Timur ruang utama lantai 1 serta serambi lantai 1 terbuka langsung berhubungan dengan halaman masjid (Gambar 13a). Lantai 2 masjid ini memiliki bukaan 1 jendela di sisi Selatan karena terhalang atap rumah warga. Bukaan lainnya 3 jendela di sisi Utara serta jendela dan pintu kaca pada sisi Timur ruang utama lantai 2 (Gambar 13b).



**Gambar 13a** (atas). Letak bukaan lantai 1 di masjid pesisir

**Gambar 13b** (bawah). Letak bukaan lantai 2 di masjid pesisir  
 Jarak antar bangunan masjid pesisir dengan rumah warga (Tabel 1) dan bukaan di 4 titik ukur (Tabel 2) memperlihatkan pengaruh terhadap kelembapan relatif udara di setiap titik ukur. Kelembapan relatif udara tertinggi terjadi di ruang yang tidak ada jarak antar bangunan (berhimpitan dengan rumah warga) dan memiliki jumlah bukaan yang sedikit. Sebaliknya kelembapan relatif udara lebih rendah dibanding ruang lain di ruang yang tidak berhimpitan dengan bangunan lain dan ada bukaan di dinding ruang. Perbandingan luasan bukaan yang ada di ruang utama lantai 1 dan 2 terhadap luasan dinding selubung bangunan menunjukkan jumlah bukaan yang sedikit. Luasan bukaan ruang utama lantai 1 sebesar 11,10% dibanding luasan dinding, sedangkan luasan bukaan lantai 2 sebesar 12,34% dibanding dengan luasan dinding (Gambar 14).

**Tabel 1.** Jarak antar bangunan dan kelembapan relatif udara 4 ruang titik ukur di masjid pesisir

Ruang	Jarak masjid dan bangunan lain				RH (%)
	Selatan	Barat	Utara	Timur	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ruang Utama Lantai 2	Tidak berhimpitan	Tidak berhimpitan	Tidak berhimpitan		92,50
Serambi Lantai 2	Tidak berhimpitan		Tidak berhimpitan		100
Ruang Utama Lantai 1	0 m	0 m	0 m		92,50
Serambi Lantai 1	0 m		0 m		100

**Tabel 2.** Bukaan dan kelembapan relatif udara 4 ruang titik ukur di masjid pesisir

Ruang	Letak Bukaan				RH (%)
	Selatan	Barat	Utara	Timur	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ruang Utama Lantai 2	-1 jendela	Tidak ada bukaan	-3 jendela	-2 jendela	92,50
Serambi Lantai 2	-1 BL		-3 BL	-2 pintu	
Ruang Utama Lantai 1				-3 BL	
Serambi Lantai 1	Tidak berdinding	2 jendela	Tidak berdinding	Tidak berdinding	100
Ruang Utama Lantai 2	Tidak ada bukaan	Tidak ada bukaan	-1 jendela	-2 jendela	92,50
Serambi Lantai 1	-1 pintu ke ruang wudlu	-2 jendela	-1 BL	Terhubung dengan halaman	100

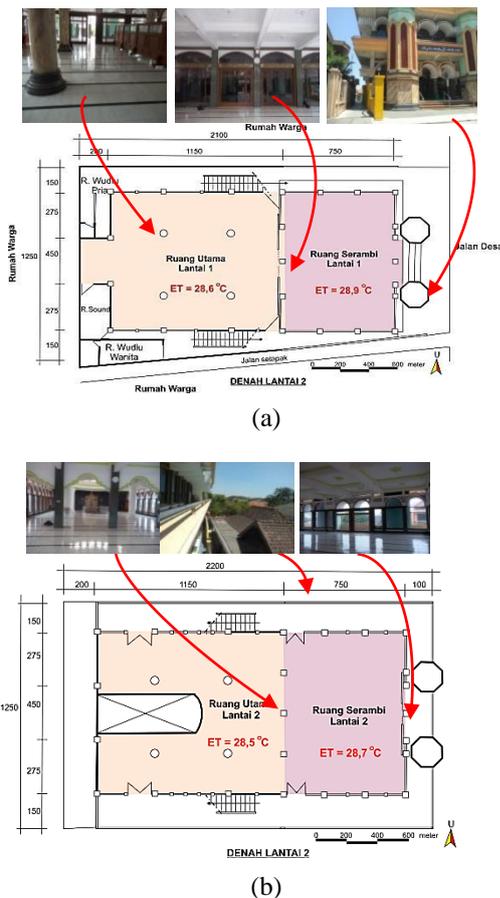
Keterangan : BL = Bouvenlight



**Gambar 14.** Perbandingan luasan bukaan terhadap luasan dinding di ruang utama lantai 1 dan 2 masjid pesisir

Titik ukur serambi lantai 1 dan 2 kurang nyaman dibandingkan dengan ruang utama lantai 1 dan 2, diduga dengan keberadaan sungai dan vegetasi/pohon meningkatkan kadar uap air lingkungan sehingga tingkat kelembapan relatif udara meningkat. Lokasi yang diapit oleh pemukiman warga yang relatif padat menjadi kendala bagi kelancaran aliran udara di lingkungan sekitar masjid yang secara tidak langsung turut berpengaruh bagi peningkatan kelembapan relatif udara tersebut.

Ruangan masjid pusat kota pada lantai 1 memiliki bukaan dari sisi Selatan, Utara dan Selatan karena pada sisi Selatan ada jalan setapak diantara masjid dengan rumah warga. Sedangkan sisi Utara meskipun berhimpitan dengan rumah warga namun dinding masjid dan rumah warga tidak berhimpitan, masih ada ruang di sisi Selatan dan Utara yang digunakan untuk memasukkan sirkulasi udara. Bukaan lain ada di sisi Timur ruang utama lantai 1 dengan pintu dan jendela dari kaca (Gambar 15a). Ruangan lantai 2 bukaan berada di sisi Timur, Selatan dan Utara dengan menggunakan pintu dan jendela dari kaca serta pintu dari kayu sebagai pintu masuk ke ruangan (Gambar 15b). Desain masjid dibuat ada ruang di kanan kiri bangunan yang digunakan tempat tangga menghubungkan ke lantai 2 dan sirkulasi ke ruang wudlu.



**Gambar 15a** (atas). Letak bukaan lantai 1 di masjid pusat kota,  
**Gambar 15b** (bawah). Letak bukaan lantai 2 di masjid pusat kota

Jarak antar bangunan masjid pusat kota dengan rumah warga (Tabel 3) dan bukaan di 4 titik ukur (Tabel 4) memperlihatkan dengan adanya jarak antar bangunan dan jumlah bukaan yang banyak memberikan pengaruh terhadap kelembapan relatif udara di titik ukur serambi lantai 2 yang memiliki kelembapan relatif udara yang lebih kecil dibanding dengan titik ukur ruang lainnya.

**Tabel 3.** Jarak antar bangunan dan kelembapan relatif udara 4 ruang titik ukur di masjid pusat kota

Ruang	Jarak masjid dan bangunan lain				RH (%)
	Selatan	Barat	Utara	Timur	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ruang Utama Lantai 2	Tidak berhimpitan	Tidak berhimpitan	Tidak berhimpitan		92,06
Serambi Lantai 2	Tidak berhimpitan		Tidak berhimpitan	Tidak berhimpitan	85,60
Ruang Utama Lantai 1	- 2 m jalan setapak	-1 jalan setapak	-1,5m selasar ruang wudlu		92,60
Serambi Lantai 1	- 2 m jalan setapak		-1,5m selasar ruang wudlu	- 2 menara	92.60
	-1 m selasar ruang wudlu			- Terhubung halaman	

**Tabel 4.** Bukaan dan kelembapan relatif udara 4 ruang titik ukur di masjid pusat kota

Ruang	Letak Bukaan				RH (%)
	Selatan	Barat	Utara	Timur	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ruang Utama Lantai 2	6 Jendela besar	Tidak ada bukaan	-6 Jendela besar		92,06
Serambi Lantai 2	-5 Jendela besar		-5 Jendela besar	-2 jendela besar	85,60
	-1 pintu besar		-1 pintu besar	- 2 jendela besar	
Ruang Utama Lantai 1	-3 jendela besar	Tidak ada bukaan	-3 jendela besar	-2 jendela besar	92,60
Serambi Lantai 1	-1 pintu selasar		-1 pintu selasar	-2 pintu selasar	
	langsung terhubung ruang selasar		Langsung terhubung selasar	Langsung terhubung halaman	92.60

Perbandingan luasan bukaan yang ada di ruang utama lantai 1 dan 2 terhadap luasan dinding selubung bangunan masjid pusat kota menunjukkan jumlah bukaan yang sedikit. Luasan bukaan ruang utama lantai 1 sebesar 27,09 % dibanding luasan dinding, sedangkan luasan bukaan lantai 2 sebesar 40,71 % dibanding dengan luasan dinding (Gambar 16).

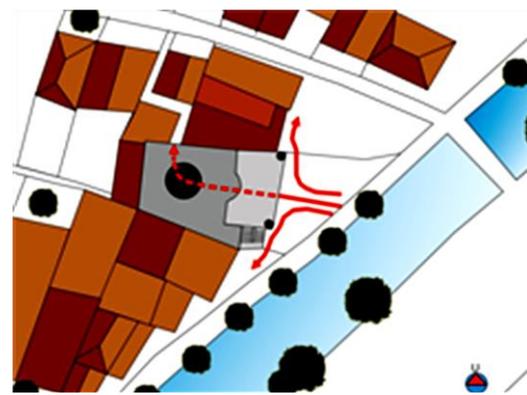


**Gambar 16.** Perbandingan luasan bukaan terhadap luasan dinding di ruang utama lantai 1 dan 2 masjid pusat kota

Faktor luar berpengaruh terhadap faktor dalam ruang (Kurnia dkk., 2010). Masjid pusat kota berada di di pemukiman warga yang relatif padat. Hal ini menjadi kendala bagi kelancaran aliran udara di lingkungan sekitar masjid yang secara tidak langsung turut berpengaruh bagi peningkatan kelembapan relatif udara tersebut. Keberadaan vegetasi di sekitar masjid tidak ada karena halaman masjid kecil dan langsung berhubungan dengan jalan kampung sehingga ikut berpengaruh terhadap kelembapan relatif udara masjid.

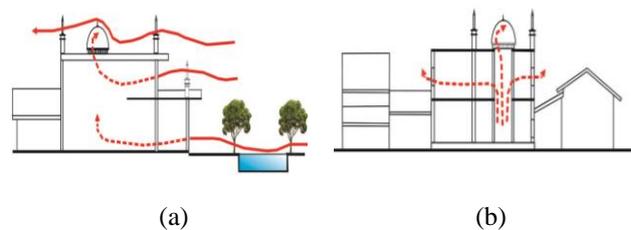
Analisis-analisis di atas memberikan gambaran adanya pengaruh faktor-faktor fisik bangunan masjid yang berperan terhadap tingginya temperatur dan kelembapan relatif udara dalam ruangan kedua masjid serta rendahnya kelajuan aliran udara yang mengalir dalam ruangan. Faktor fisik bangunan meliputi lokasi geografis masjid, posisi dan luasan bukaan di bangunan serta jarak antar gedung.

Letak masjid pesisir berada di permukiman dan berhimpit dengan rumah warga akan memberikan pengaruh terhadap pola aliran udara yang turut berubah jika ada bangunan lain yang berada di sekitarnya (Soegijanto, 1999). Kelajuan aliran udara di masjid di daerah pesisir terkendala dengan letak masjid berhimpit dengan rumah warga di sisi Selatan dan sisi Utara yang hanya terdapat satu jendela yang bisa dibuka dan 2 jendela lainnya tertutup rumah warga yang memperluas rumahnya menutupi jendela masjid, menyebabkan laju udara yang masuk ke dalam bangunan hanya dapat mengalir melalui satu jendela yang terbuka menyebabkan ruang-ruang di dalam masjid yang tidak terlewati aliran udara menjadi lembab. Sedangkan laju aliran udara di luar bangunan dibelokkan mengikuti konfigurasi rumah warga yang berhimpit dengan masjid (Gambar 17).



**Gambar 17.** Laju aliran angin masjid pesisir

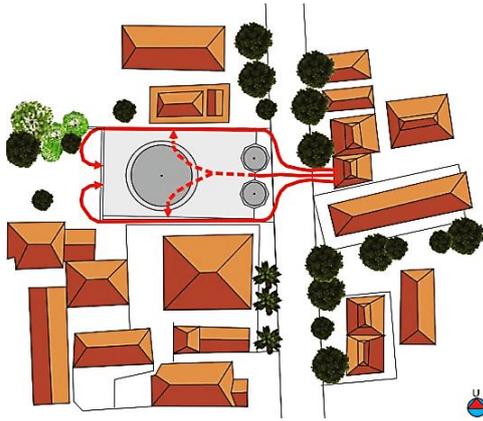
Menurut Chenvidyakarn (2007), ukuran dan bentuk bukaan merupakan faktor penting yang menentukan aliran udara dalam bangunan. Aliran udara yang masuk ke dalam bangunan dari arah Timur yang membawa kandungan air karena melewati sungai di depan masjid masuk ke dalam ruang mengalir ke atas melewati void yang menghubungkan ruang utama lantai 1 dan 2 bergabung dengan aliran udara yang mengalir di lantai 2. Aliran udara ini keluar melalui 3 jendela di sisi Utara dan 1 jendela di sisi Selatan (Gambar 18a dan 18b). Aliran udara yang berada di lantai 2 tidak bisa mengalir melalui bukaan di bawah kubah, dikarenakan masyarakat saat membangun masjid menutup bukaan tersebut dengan kaca sehingga udara hanya berputar di bawah kubah yang menimbulkan turbulensi. Aliran udara di atas bangunan tidak bisa mengalir masuk melalui bukaan di bawah kubah karena tertutup oleh kaca.



**Gambar 18a** (kiri). Laju aliran udara dari luar bangunan yang masuk ke dalam masjid pesisir,

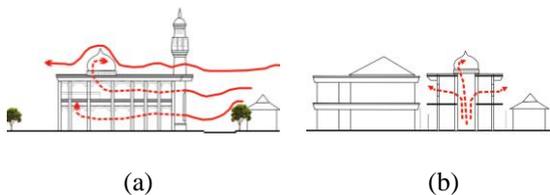
**Gambar 18b** (kanan). Laju aliran udara dari lantai 1 ke lantai 2 melalui void

Konfigurasi bentuk bangunan masjid pusat kota berbentuk persegi dengan jarak antar bangunan di sisi Utara dan Selatan sekitar 2 m membentuk lorong yang menyebabkan aliran udara di sekitar bangunan melewati lorong tersebut. Aliran udara tersebut akan terhenti di belakang masjid yang memiliki tekanan udara rendah. Aliran udara yang masuk ke dalam bangunan akan mengalir ke luar melewati jendela dan pintu di sisi Utara dan Selatan masjid (Gambar 19).



**Gambar 19.** Laju aliran angin masjid pusat kota

Aliran udara dari luar masjid yang masuk ke dalam bangunan di lantai 1 sebagian juga akan mengalir ke atas melalui void bertemu dengan aliran udara yang mengalir di lantai 2. Aliran udara di lantai 2 akan mengalir ke luar melalui bukaan di sisi Utara dan Selatan masjid. Aliran udara tidak bisa mengalir ke atas kubah dikarenakan bukaan di bawah kubah ditutup dengan kaca sehingga angin cenderung mengalami turbulensi di bawah kubah. Aliran udara di atas bangunan juga tidak bisa mengalir masuk melalui bukaan di bawah kubah karena tertutup oleh kaca. (Gambar 20a dan 20b).



**Gambar 20a** (kiri). Laju aliran udara dari luar bangunan yang masuk ke dalam masjid pusat kota

**Gambar 20b** (kanan). Laju aliran udara dari lantai 1 ke lantai 2 melalui void

Kepadatan bangunan merupakan satu faktor prinsip yang mempengaruhi kondisi iklim mikro dan menentukan kondisi ventilasi maupun kondisi suhu udara (Sukawi, 2013). Keberadaan kedua masjid di permukiman padat dengan jarak antar bangunan rumah warga berhimpitan dan luasan bukaan yang tidak besar menyebabkan aliran udara yang masuk melalui ventilasi ke dalam ruangan menjadi kecil. Faktor kelajuan aliran udara yang masuk ke dalam bangunan dari efek desain bukaan dinding/ventilasi alami menjadi aspek terpenting dalam menciptakan kenyamanan (Prianto dan Depecker, 2002; Gratia, dkk., 2004; Liping, dkk., 2007; Eliseo Bustamante, et al, 2015; M. Webb1, 2013).

Pemahaman masyarakat dalam merancang bangunan masjid yang tidak memperhatikan pola aliran udara dan efek dari bangunan sekitarnya terlihat dari kedua masjid. Masyarakat merancang masjid dengan memaksimalkan lahan dan tidak merancang bukaan untuk mendapatkan sirkulasi udara yang cukup untuk seluruh bagian ruang dalam bangunan (Geetha, dkk., 2012).

### Kesimpulan

Iklim mikro yang terjadi di setiap daerah berbeda dengan daerah lainnya. Iklim mikro daerah pusat kota dengan daerah pesisir memberikan efek terhadap bangunan masjid berkubah. Temperatur udara kedua masjid lebih dari 27,1 °C berpotensi memberikan ketidaknyamanan termal bagi jamaah saat beribadah. Temperatur efektif rata-rata kedua masjid sebesar 28,5 °C mengindikasikan ketidaknyamanan pengguna. Terlebih lagi di daerah pesisir, kelembapan relatif udaranya cenderung lebih tinggi dibandingkan di daerah pusat kota, sehingga masjid di daerah pesisir cenderung kurang nyaman untuk beribadah dibandingkan masjid di daerah pusat kota.

Ruang-ruang yang ada di dalam masjid menunjukkan perbedaan kenyamanan termal. Ruang serambi lantai 2 di masjid daerah pusat kota memiliki kelembapan relatif udara yang paling rendah dibandingkan dengan ruang-ruang yang lain. Sedangkan ruang utama lantai 1 dan lantai 2 masjid di daerah pesisir memiliki kelembapan udara relatif rendah dibanding ruang yang lainnya, sehingga jamaah suka memilih ruang-ruang tersebut sebagai rujukan awal tempat beribadah.

Bangunan masjid 2 lantai akan menunjukkan perbedaan kenyamanan termal antara lantai 1 dan lantai 2. Masjid di pusat kota lantai 2 lebih nyaman dibandingkan dengan lantai 1. Sedangkan di masjid pesisir lantai 1 dan 2 memiliki kenyamanan yang sama.

Kenyamanan dalam bangunan masjid di pesisir dipengaruhi kelajuan aliran udara yang masuk ke dalam bangunan. Kelajuan aliran udara ini didukung bukaan yang ada. Masjid daerah pusat kota memiliki bukaan jendela dan pintu lebih banyak mengalirkan udara yang masuk ke dalam ruangan didukung desain masjid dengan banyak bukaan di kanan kiri ruang utama dan posisi bangunan masjid tidak berhimpitan dengan bangunan rumah warga. Masjid di daerah pesisir memiliki bukaan yang minimal dikarenakan pada sisi Selatan, Barat dan Utara berhimpitan dengan rumah warga. Pergerakan udara hanya dapat leluasa masuk melalui bukaan pintu di sisi Timur.

Dari uraian hasil di atas dapat disimpulkan bahwa iklim mikro berpengaruh terhadap kenyamanan termal bangunan masjid. Kenyamanan termal terwujud bila dapat meminimalisir kelembapan relatif udara dengan memudahkan pergerakan udara yang masuk ke ruangan melalui bukaan di sisi Selatan dan Utara masjid. Desain bangunan dibuat tidak menghabiskan lahan dengan berhimpitan langsung dengan rumah warga tetapi memberikan jarak antar ruang dengan ruang-ruang masjid

yang digunakan untuk beribadah. Kenyamanan termal masjid tergantung desain bangunan masing-masing masjid dan lingkungan sekitar masjid seperti vegetasi, sungai dan permukiman warga. Peran faktor bangunan seperti perbedaan letak masjid, letak bukaan, jarak antar bangunan dan luasan bukaan mempengaruhi kenyamanan termal ruang-ruang masjid berkubah. Pemahaman masyarakat pada rancangan masjid yang tidak memperhatikan peran faktor bangunan dan lingkungan sekitarnya turut memberikan andil dalam ketidaknyamanan ruang kedua masjid tersebut.

Kedua masjid cenderung kurang nyaman termal, walaupun masjid di pusat kota memiliki bukaan lebih luas. Faktor iklim makro dan mikro lebih dominan dibandingkan dengan faktor bangunan. Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan adanya penelitian lanjutan yang bersifat eksploratif terkait upaya meningkatkan kenyamanan termal di dalam bangunan masjid berkubah seperti penangkap 'angin' (*wind scoop*) atau tindakan adaptif pengaturan bukaan sistem ventilasi.

## Daftar Pustaka

- Chenvidyakarn, T. (2007). Passive Design for Thermal Comfort in Hot Humid Climates. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 5 (1): 3-27.
- Creswell, J. W. (2012). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California: Sage Publications, Inc.
- Bustamante, E., Fernando-Juan García-Diego, (2015). Measurement and Numerical Simulation of Air Velocity in a Tunnel-Ventilated Broiler House. *Sustainability*. ISSN 2071-1050, pp. 2066-2085.
- Frick, H., Ardiyanto, A. & Darmawan, A. (2008). *Ilmu Fisika Bangunan: Pengantar Pemahaman Cahaya, Kalor, Kelembaban, Iklim, Gempa Bumi, Bunyi dan Kebakaran*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gratia, E., Bruyère, A., & De, H. A. (2004). How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. *Building and Environment*, 39 (10): 1157-1170.
- Geetha, N., & Velraj, R. (2012). Passive Cooling Methods for Energy Efficient Buildings With and Without Thermal Energy Storage—A Review. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 29 (2): 913-946.
- Humphreys, M. A. & Nicol, J. F. (2002). The Validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Journal of Energy and Buildings*, Vol. 34, pp. 667-684.
- Indrayadi (2011). Aliran Udara Dalam Ruang Masjid Jawa Modern Studi Kasus Masjid Babadan Yogyakarta. *Jurnal Vokasi*. Vol.7. No.2: 156 – 165.
- Kurnia, R., Effendy, S. & Tursilowati, L. (2010). Identifikasi Kenyamanan Termal Bangunan (Studi Kasus: Ruang Kuliah Kampus IPB Baranangsiang dan Darmaga Bogor). *Jurnal Agromet*. ISSN: 0126-3633. Vol.24 (1): 14-22.
- Kusyanto, M. (2007). Konsep Dasar Arsitektur Tata Ruang Rumah Tinggal Tradisional Jawa Tengah Pada Perkembangan Tata Ruang Masjid Kadilangu Demak Dari Awal Berdiri Sampai Sekarang. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Semarang*, Vol. 9 (1): 65 - 76.
- Kussay, W. J. (2011). Perhitungan aliran angin pada ventilasi bangunan menggunakan simulasi numeric. *Jurnal Ilmiah Sains*, Vol. 11 (1): 69-72.
- Liping, W., & Hien, W.N. (2007). Applying Natural Ventilation for Thermal Comfort in Residential Buildings in Singapore. *Architectural Science Review*, 50 (3): 224-233.
- Lippsmeier, G. (2004). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- M. Webb1, (2013). Building Energy and CFD Simulation to Verify Thermal Comfort in Under Floor Air Distribution (UFAD) Design, dalam *13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France*, Chambéry, France.
- Prianto, E. & Depecker, P. (2002). Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: A case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region. *Energy and Buildings*, Vol. 34 (4): pp. 401-409.
- Rahim, R. (2012). *Fisika Bangunan untuk Area Tropis*, IPB Press, Bogor.
- Reynolds, J. S. (2001). *Time Saver Standards For Urban Design, Courtyards: Guidelines For Planning And Design*. Mc Graw Hill Companies.
- RTRW Kabupaten Demak 2010-2030.
- Santoso. (1993). *Sistem Informasi Aspek Panas Dalam Rancang Arsitektur*, Lemlit ITS, Surabaya.
- Satwiko, P. (2004). *Fisika Bangunan 2*. Yogyakarta; Andi.
- Serageldin, I. (1990). Contemporary Expressions of Islam in Building: The religious and the Secular. *Introductory Presentation of AKA Seminar Proceeding*, Jakarta, 15-19 Oktober 1990.
- SNI. 2011. *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Soegijanto. (1999). *Bangunan Di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sugiyono. (2012). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D*, Penerbit Alfabeta, Bandung, 80-145.
- Sukawi. (2013). Potensi Ventilasi Atap terhadap Pendinginan Pasif Ruang pada Pengembangan Rumah Sederhana Studi Kasus di Perumnas Sendang Mulyo Semarang. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*: E-57 - E-62.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. Vol. 6: 148-158.