STRATEGI KENYAMANAN TERMAL MASJID (STUDI KASUS MASJID AL-KAUTSAR KERTONATAN, SUKOHARJO, JAWA TENGAH)

Nur Rahmawati Syamsiyah¹, Hanifa Nur Izzati²

^{1,2}Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Penulis korespondensi: Nur Rahmawati Syamsiyah, nur_rahmawati@ums.ac.id

Naskah diajukan pada: 20 Maret 2021

Naskah revisi akhir di terima pada: 08 Juli 2021

Abstrak

Iklim tropis lembab di Indonesia menyebabkan rendahnya kecepatan angin, serta kelembapan dan suhu udara yang tinggi. Kelembapan tinggi menyebabkan sirkulasi udara tidak lancar dan berpengaruh pada kenyamanan termal. Masjid adalah bangunan untuk kegiatan ibadah, yang menuntut kenyamanan termal, selain kenyamanan audial. Upaya alat bantu penghawaan seperti kipas angin tidak akan bekerja optimal jika masjid tidak memiliki sistem sirkulasi udara yang baik. Masjid Al-Kautsar Kertonatan menarik untuk diteliti dari aspek penghawaan alami. Masjid berada di sudut pertigaan jalan kampung dan menghadap area persawahan. Saat masjid digunakan seluruh kipas angin dinyalakan, namun keluhan jamaah selalu muncul yaitu ketidaknyamanan termal, seperti rasa panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas termal masjid Al-Kautsar Kertonatan, melalui metode kuantitatif pengukuran suhu udara, kelembapan udara dan kecepatan angin dengan alat *thermohygrometer* dan *anemometer*. Pengukuran termal dilakukan di dalam dan di luar ruang masjid secara bersamaan pada lima waktu salat. Selain pengukuran termal, dilakukan pula wawancara bebas kepada jamaah terkait kenyamanan termal. Hasil penelitian mengindikasikan pola aliran udara tidak merata dan tidak lancar di dalam ruangan, sehingga kualitas termal dalam kategori tidak nyaman dengan suhu udara rata-rata 31.0°C dan kecepatan angin rata-rata 0.1m/detik. Evaluasi subjektif mengindikasikan bahwa jamaah merasa nyaman apabila berada dekat jendela atau berada di tengah-tengah ruang, karena pada bagian itu aliran udara terasa. Solusi terbaik agar aliran merata di dalam ruang adalah redesain bukaan agar udara lebih banyak masuk, di samping itu perlu adanya penambahan vegetasi.

Kata-kata Kunci: Kenyamanan Termal, Masjid, Redisain, Sirkulasi Udara

MOSQUE THERMAL COMFORT STRATEGY (CASE STUDY OF AL-KAUTSAR MOSQUE, SUKOHARJO, CENTRAL JAVA)

Abstract

Indonesia's humid tropical climate causes low wind speed, as well as high humidity and air temperature. High humidity causes poor air circulation and affects thermal comfort. A mosque is a building for worship activities, which demands thermal comfort, in addition to audible comfort. Efforts for ventilation aids such as fans will not work optimally if the mosque does not have a good air circulation system. Al-Kautsar Kertonatan Mosque is interesting to study from the aspect of natural ventilation. The mosque is at the corner of the village road fork and overlooks the rice fields.

When the mosque is used, all the fans are turned on, but complaints from the congregation always arise, namely thermal discomfort, such as feeling hot. This study aims to identify the thermal quality of the Al-Kautsar Kertonatan Mosque, through quantitative methods of measuring air temperature, humidity, and wind speed using thermohygrometer and anemometer. Thermal measurements are carried out inside and outside the mosque space simultaneously at five prayer times. In addition to thermal measurements, freed interviews were also conducted with the congregation regarding thermal comfort. The results indicate that the airflow pattern is not evenly distributed and not smooth so that the thermal quality is in the uncomfortable category with an average air temperature of 31.0°C and an average wind speed of 0.1m/second. The subjective evaluation indicated that pilgrims felt comfortable when they were near the window or in the middle of the room because in that part the airflow was felt. The best solution so that the flow is evenly distributed in the room is to redesign the opening to allow more air to enter, in addition to the need for additional vegetation.

Keywords: *Thermal Comfort, Mosque, Redesign, Air Circulation*

1. Pendahuluan

Indonesia berada di iklim tropis lembab, yang menyebabkan suhu cenderung tinggi dan kecepatan angin rendah. Keadaan ini berpengaruh pada tidak tercapainya kenyamanan termal dalam ruang. Kenyamanan termal di Indonesia cukup sulit untuk tercapai jika hanya mengandalkan ketersediaan lubang angin, namun tidak memikirkan bagaimana pola angin yang akan terbentuk di dalam ruang. Ketersediaan lubang angin berupa jendela atau pintu atau lubang ventilasi umumnya dianggap sebagai suatu keharusan dalam mendisain bangunan. Umum yang terjadi adalah keberadaan lubang angin yang diharapkan akan memberikan kenyamanan termal, ternyata tidak berfungsi optimal, dimana pengguna ruang/bangunan masih merasakan panas. Kasus seperti ini banyak terjadi di bangunan-bangunan fungsi publik di sekitar kita, seperti gedung serba guna, gedung pertemuan, masjid dan bangunan fungsi publik lainnya yang tidak menggunakan alat penyegaran udara/*air conditioning* (AC).

Masjid adalah salah satu bangunan publik yang sangat menuntut kenyamanan, tidak saja secara audial namun juga termal, agar jamaah dapat khushyuk melakukan ibadah. Beberapa kasus masjid yang tidak nyaman secara termal mencoba mencari solusi dengan penggunaan kipas angin atau alat penyegaran udara (AC). Penggunaan AC tampaknya tidak menimbulkan masalah dari aspek termal. Udara ruangan masjid menjadi sejuk dan jamaah merasa nyaman beribadah. Namun sesungguhnya dari sisi yang lain penggunaan AC ini sudah berlebihan yang berakibat tidak ramah lingkungan (Pahmi, 2015). Berbeda dengan penggunaan kipas angin yang lebih ramah lingkungan, dimana alat ini hanya berfungsi menggerakkan udara di dalam ruang. Namun pada kenyataannya jamaah masih banyak yang mengeluhkan rasa panas, padahal kipas angin sudah dinyalakan selama masjid digunakan. Apabila kipas angin tidak lagi berpengaruh terhadap kenyamanan termal, maka yang perlu dipikirkan adalah bagaimana aliran udara dapat dihadirkan ke dalam ruang, dan dapat bersirkulasi dengan lancar.

Ketidaknyamanan termal yang disebabkan udara panas di dalam ruang masjid menurut Indrayadi (2011) terjadi karena faktor jarak jendela dan orientasi masjid, dengan studi kasus masjid Babadan Yogyakarta. Pola aliran udara di dalam ruangan tidak merata, disebabkan jarak jendela yang berhadapan cukup jauh, sehingga udara yang masuk dapat bergerak bebas di dalam ruang, sebelum akhirnya udara mengalir ke luar ruang. Jarak antar bukaan yang terlalu jauh mengakibatkan adanya turbulensi pada bagian yang tertutup dinding dan terjadi aliran yang cukup kuat di dekat bukaan sekitar 0,9-1,2 m/s. Orientasi masjid menghadap ke barat menyebabkan susunan shaf salat menyerong ke arah kanan, sedangkan angin datang dari arah barat daya, sehingga arah datang angin hampir sejajar dengan susunan saf, dan tidak berpengaruh besar terhadap pola dan kecepatan angin

yang terjadi. Kondisi ini membentuk lorong-lorong angin yang menggiring angin hingga mengenai seluruh jamaah. Kenyamanan termal dapat ditingkatkan dengan menurunkan suhu lingkungan dan mencegah masuknya radiasi matahari ke dalam bangunan.

Berbeda dengan Indrayadi, Pahmi (2015) berhasil membuat ruang masjid memiliki kenyamanan termal melalui pemilihan material, perbanyak bukaan pada setiap sisi bangunan, dan desain masjid berupa ruang tunggal yang tidak bersekat-sekat. Material dinding menggunakan batubata yang diplester pada bagian luar dan dilapisi kayu pada bagian dalam dinding. Perpaduan material dan bukaan yang banyak, diteliti juga oleh Puspitorini, Hardiman, & Setyowati (2013) di Masjid Al Irsyad Kotabaru Parahyangan, Jawa Barat. Material *concrete block* di sepanjang dinding sebagai lubang ventilasi, karena *concrete block* berlubang-lubang. Penggunaan *concrete block* berlubang dapat berfungsi maksimal untuk memasukkan udara ke bangunan, sehingga suhu udara ada dalam batas nyaman 21,6°C-27,5°C (Lippsmeier, 1997). Selain itu pada bagian bawah dinding juga terlihat adanya jalur sirkulasi udara karena dinding diangkat setinggi ± 20 -25 cm.

Selain faktor bukaan dan material, lingkungan sekitar tempat masjid berdiri akan berpengaruh juga terhadap gerak angin. Prasetya & Nugrahaini (2020) meneliti masjid Baitul Makmur Pabelan Surakarta yang berada disekitar permukiman. Halaman masjid yang luas tidak mampu memberikan aliran udara yang lancar dan suhu yang nyaman. Penutup tanah berupa *paving block*, dan lingkungan sekitar yang padat dipenuhi bangunan membentuk suhu udara 25°C-35°C dan kecepatan angin 0,1-1,0 m/s. Material *paving block* berbahan semen dan bangunan-bangunan menambah kenaikan suhu lingkungan (Satwiko, 2009).

Sirkulasi udara atau pergerakan/pola angin merupakan hal penting untuk dirancang dalam sebuah ruang masjid, melalui bentuk bukaan atau jendela. Luas jendela berperan membentuk pola aliran udara, kecepatan serta suhu udara ruang. Jendela terbuka sebagian atau seluruhnya memberikan sensasi aliran udara berbeda, bahkan suhu udara ruang pun akan berbeda (Arifin & Hidayat, 2018). Udara akan bersirkulasi dan mengalir dengan lancar apabila terdapat bukaan pada dinding yang berada di tiga tempat. Bukaan berupa lubang angin, ada di bagian atas (ventilasi atas), lubang dibagian tengah dinding (jendela) dan lubang bagian bawah dinding (ventilasi bawah) (Satwiko, 2009). Masing-masing posisi lubang bukaan memiliki fungsi berbeda. Lubang atas untuk membuang udara panas, lubang tengah untuk masuk dan keluarnya udara, dan lubang bawah untuk masuknya udara. Idealnya untuk tercapai kenyamanan termal, bangunan masjid memiliki tiga posisi lubang/ bukaan untuk sirkulasi udara. Namun pada umumnya bangunan masjid yang berada di tengah-tengah masyarakat tidak memiliki lubang bawah. Begitupun sejumlah delapan masjid berarsitektur Jawa-moderen yang telah diteliti oleh Syamsiyah (2013) mengindikasikan masjid-masjid tersebut tidak memiliki *inlet* dan *outlet* yang memadai, sehingga berpengaruh terhadap kenyamanan termal, terutama suhu udara tinggi (rata-rata 31.3°C), dan kecepatan angin rendah (rata-rata 0.14 m/s).

Masjid Al Kautsar berada di Kecamatan Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah. Lokasi masjid berdekatan dengan area persawahan dan perumahan. Masjid ini memiliki luas lantai 92 m² dengan luas tanah 200 m². Masjid memiliki gaya arsitektur Jawa – modern dengan atap tajug dan terdapat kubah di atasnya. Masjid memiliki bukaan/ventilasi atas, bukaan tengah berupa jendela dan pintu, dan tidak memiliki bukaan bawah. Masjid menggunakan bantuan penghawaan buatan berupa kipas angin sebanyak enam buah yang menempel di keempat sisi dinding, yang selalu dinyalakan saat ada kegiatan di dalam masjid. Sekalipun kipas angin menyala, namun jamaah tetap mengeluhkan udara yang panas. Bila melihat lokasi dan lingkungan sekitar yang terbuka (persawahan), dan kipas yang selalu dinyalakan, namun tetap terasa panas, maka hal ini menjadi menarik untuk diungkap penyebab ketidaknyamanan ruang masjid.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa termal, yaitu suhu udara (°C), kecepatan angin (m/s) dan kelembapan udara (% RH). Data primer variabel termal diperoleh dengan

pengukuran di lapangan. Variabel lain yang berpengaruh terhadap termal adalah eksisting tapak dan fisik bangunan, yang didapatkan melalui observasi lapangan berupa dokumen tertulis dan foto-foto di lapangan. Data penelitian diperoleh juga dengan wawancara terstruktur kepada jamaah pengguna masjid. Analisis dilakukan dengan metode kuantitatif berupa rumus debit udara serta grafik data, dan dilanjutkan analisis kualitatif untuk interpretasi hasil analisis yang disesuaikan dengan hasil observasi dan wawancara.

Pengukuran termal dilakukan selama tiga hari berturut-turut pada waktu-waktu salat (Subuh, Dzuhur, Ashar, Maghrib dan Isya). Alat-alat pengukuran utama yang digunakan adalah *thermohygrometer*, dan *anemometer* (lihat gambar 1). *Thermohygrometer* berfungsi untuk mengukur suhu udara dalam °C, dan kelembapan udara dalam % RH, sedangkan anemometer untuk mengukur kecepatan udara dalam m/s.

Gambar 1. Alat Ukur Penelitian: (a) Thermohygrometer, dan (b) Anemometer
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

Data lapangan dari pengukuran termal dilanjutkan dengan analisis menggunakan rumus debit udara (Satwiko, 2009; SNI 03-6572-2001). Rumus diperlukan untuk mendapatkan debit udara yang mengalir ke dalam ruang melalui jendela (Q), yang diperoleh dengan perhitungan keefektifan bukaan (C_v), luas efektif jendela (A) dan kecepatan angin (V). Objek penelitian memiliki bukaan di atas (angin-angin) dan bukaan jendela, sehingga perlu dihitung beda ketinggian bukaan (h) dan adanya selisih suhu udara antara *indoor* dan *outdoor* (t):

$$Q_p = C_v A V \text{ m}^3/\text{detik} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$V = Q_p/A \text{ m}^2/\text{detik} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Prosedur penelitian yang harus dilakukan meliputi persiapan ruang salat dan lingkungan sekitar (halaman, teras masjid), alat-alat ukur, dan peneliti sebanyak dua orang yang melakukan pengukuran termal dan identifikasi waktu. Peneliti melakukan wawancara terhadap pengunjung masjid atau jamaah yang memiliki intensitas kunjungan ke masjid lima waktu dalam sehari sejumlah 20 orang. Wawancara bebas dimaksudkan untuk mendapatkan data subjektif, yang kemudian akan dianalisis untuk interpretasikan data-data objektif. Gambar 2 menunjukkan objek pengamatan Masjid Al Kautsar Kartasura beserta letak titik ukur (TU). TU₁ diposisikan di tengah ruang dengan alasan bahwa posisi tersebut dapat mewakili pendistribusian udara yang merata. TU₂ diposisikan segaris dengan TU₁, dan berada di halaman masjid yang merupakan sumber angin datang menuju ruang dalam masjid.

Gambar 2. Masjid Al Kautsar dan Titik Pengamatan
Sumber: Dokumentasi Penulis, 201

3. Hasil Dan Pembahasan Eksisting Masjid

Masjid Al-Kautsar berbatasan dengan pemukiman penduduk di sebelah utara, timur dan barat, sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan area persawahan. Masjid ini terdiri dari satu lantai dengan bentuk persegi empat, dan luas ruang salat 52 m². Ruang utama atau ruang salat dikelilingi oleh ruang penunjang disebelah utara dan teras mengelilingi ruang utama ini, sehingga luas lantai total adalah 92 m². Masjid memiliki gaya arsitektur tradisional jawa, yang dicirikan dengan atap berbentuk tajuk (lihat Gambar 3).

Gambar 3. (a) Siteplan, (b) Tampak Depan dan (c) Tampak Samping Kanan Masjid Al-Kautsar
Sumber: Dokumen Masjid Al-Kautsar Kertonatan, 2020

Terdapat empat jenis bukaan pada eksisting masjid. Pada sisi timur terdapat pintu seluas 3m² dan jendela dua daun sebelah kanan dan kiri pintu, masing-masing seluas 2.86m², di sisi selatan terdapat jendela tiga daun seluas 4.34m², dan sisi utara terdapat kisi-kisi dengan luas 1.07m². Bentuk bukaan dan jendela beserta ukuran dapat dilihat dalam Gambar 4.

Gambar 4. Bentuk Pintu, Jendela Dan Lubang Ventilasi Masjid Al Kautsar
Sumber: dokumen penulis, 2020

Jendela yang digunakan yaitu tipe *casement top hung*, yaitu daun jendela yang menempel pada kusen dengan engsel pada posisi bagian atas daun jendela. Hanya terdapat tiga sisi ruang yang memiliki jendela, sedangkan sisi barat tidak menggunakan jendela ataupun lubang angin. Masjid memiliki kipas angin berjumlah 6 buah terempel di dinding, yang selalu menyala ketika masjid digunakan. Setiap sisi dinding terdapat 2 kipas angin setinggi 3-meter dari lantai, kecuali pada dinding sisi timur tanpa kipas angin. Seluruh dinding dilapisi keramik setinggi 2 meter. Lantai berupa keramik ditutup karpet (lihat Gambar 5).

Gambar 5. (a) Masjid Tampak Timur, (b) Masjid Tampak Selatan (Depan), (c) Bukaan Berupa Pintu dan Jendela, (d) (e) Kondisi Sehari-hari Ketika digunakan Salat 5 Waktu, (f) Kipas Angin Terpasang di atas Bukaan Pada Dinding (Ventilasi atas)

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

Data Termal dan Pembahasan

Pengukuran termal dilakukan saat masjid digunakan, dengan jumlah jamaah rata-rata 15 orang, kecuali waktu salat Magrib dan Isya jumlah jamaah lebih banyak lagi. Hasil pengukuran termal di dalam dan di luar masjid tertera dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengukuran

No	Waktu Salat	Pengukuran di dalam masjid			Pengukuran di luar masjid		
		Suhu (°C)	Kelembapan udara (% RH)	Kecepatan angin (m/s)	Suhu (°C)	Kelembapan udara (% RH)	Kecepatan angin (m/s)
Hari Pertama							
1	Subuh	28.1	74	0.0	28.1	74	0.0
2	Dzuhur	32.7	58	0.0	33.8	53	0.0
3	Ashar	34.1	55	0.9	34.2	52	2.9
4	Magrib	31.6	56	0.0	30.6	57	0.0
5	Isya	31.1	64	0.0	31.1	61	0.0
Hari Kedua							
1	Subuh	29.4	67	0.0	29.4	67	0.0
2	Dzuhur	33.0	57	0.0	33.6	53	0.0
3	Ashar	34.5	55	0.4	34.4	54	1.4
4	Magrib	31.9	63	0.0	31.9	63	0.0
5	Isya	30.0	64	0.0	30.0	64	0.0
Hari Ketiga							
1	Subuh	28.5	60	0.0	28.6	70	0.0
2	Dzuhur	33.2	57	0.0	33.2	54	0.0
3	Ashar	34.3	55	0,4	34.5	52	2.9
4	Magrib	30.8	65	0.0	30.7	60	0.0
5	Isya	31.2	64	0.0	31.3	61	0.0

Sumber: Hasil Survey, 2019

Apabila diperhatikan dari data termal di Tabel 1, terlihat tidak ada perbedaan signifikan antara suhu udara di dalam ruang dan di luar ruang. Rata-rata suhu udara di dalam ruang adalah 31.0°C, jauh dari standar kenyamanan, dimana menurut SNI 6390: 2011 bahwa 20.5-22.8°C sejuk nyaman 22.8-25.8°C nyaman dan 25.8-27.1°C hangat nyaman. Namun untuk kelembapan udara sudah memenuhi standar SNI 6390: 2011 yaitu 50%-70%, dimana diperoleh 61,4% RH. Suhu udara yang tinggi disebabkan tidak ada udara mengalir ($V=0.0$ m/s), karena tidak adanya perbedaan suhu yang signifikan antara luar dan dalam ruang (Satwiko, 2009). Udara akan bergerak ketika ada perbedaan suhu dan tekanan udara. Udara akan mengalir dari suhu udara yang lebih rendah menuju suhu udara yang lebih tinggi atau dari tekanan udara tinggi menuju tekanan udara yang lebih rendah (Egan, 1975; Satwiko, 2009). Ketinggian plafon berpengaruh terhadap kenyamanan termal (Susanti & Zetli, 2016). Ketinggian plafon masjid > 3 meter, namun tidak diimbangi lubang udara yang bersilangan menyebabkan ruang menjadi terasa panas.

Tabel 1 memperlihatkan adanya udara bergerak di luar ruang dengan kecepatan 1.4 – 2.9 m/s pada sore hari waktu salat Ashar, dan mengalir masuk ke dalam ruang dengan kecepatan 0.4-0.9 m/s. Selama 3 hari pengukuran, hanya pada waktu sore hari saja udara dapat bergerak, sementara itu waktu salat selain Ashar kecepatan udara 0.0m/s kategori tidak nyaman. Waktu salat Ashar sekitar jam 15.00, merupakan masa peralihan dari waktu siang menuju waktu sore hari. Suhu udara tertinggi adalah ketika waktu Ashar mencapai 34.5°C dan kelembapan udara terendah 55% RH. Udara di dalam ruang dipanaskan, dan menyebabkan udara memuai. Udara yang memuai menjadi lebih ringan dan tekanan udara turun karena kepadatan udara berkurang. Udara dari luar ruang kemudian mengalir ke dalam ruang, yang memiliki tekanan lebih rendah. Sumber angin terbesar dari arah selatan, yaitu dari arah persawahan. Angin dari selatan masuk ke ruang melalui jendela, dan menunjukkan adanya *cross ventilation* secara frontal. Di sisi utara masjid terdapat beberapa ruang penunjang, yang menghambat pergerakan angin dari selatan. Bentuk jendela tipe *casement top hung*

membentuk pola pergerakan udara diagonal, dari posisi lubang jendela terbuka, lalu mengarah ke bagian atas (lihat Gambar 6).

Gambar 6. (a) Arah Angin Di Dalam Masjid-Cross Ventilation, (b) Pola Diagonal Angin Memasuki Masjid, (c) Bentuk Jendela Masjid Terbuka Diagonal
Sumber: Analisis Penulis, 2020

Data pengukuran tersebut dianalisis menggunakan rumus $Q_p = C_v A V$ m³/detik untuk mengetahui debit udara yang mengalir melalui jendela disebabkan adanya aliran udara luar. Nilai C (konstanta) merupakan keefektifan bukaan. Bila arah datang angin diagonal jendela, maka nilai C adalah 0.25-0.35, dan bila udara masuk dengan tegak lurus jendela, maka nilai C adalah 0.5-0.6 (Satwiko, 2009). Luas bukaan ada 3 macam: 1.07m², 4.34m² dan (2.86x2) m², perlu diambil perbandingan luas diantara ketiga jenis bukaan. *Inlet* adalah posisi jendela di sebelah selatan (4.34m²) dan timur (5.72m²) sedangkan sebagai *outlet* adalah lubang angin di sisi utara (1.07m²). Rata-rata perbandingan *inlet* dan *outlet* adalah 4:1, sehingga luas bukaan harus dikalikan 0.35 sebagai konstanta. Tabel 2 memperlihatkan hasil perhitungan debit aliran udara melalui jendela akibat adanya angin luar. Hasil ini sesuai dengan hasil pengukuran di lapangan, dimana waktu salat Ashar adalah waktu yang paling nyaman, karena udara terasa mengalir di dalam ruang sekalipun saat pengukuran seluruh kipas angin dimatikan. Lubang jendela yang digunakan dalam perhitungan adalah luas lubang yang terkecil yaitu 1.07m².

Tabel 2. Debit Udara Yang Mengalir Melalui Jendela Akibat Adanya Udara Luar (Q) Dalam M³/Detik

Waktu Pengukuran	Subuh	Dzuhur	Ashar	Maghrib	Isya
Hari ke-1	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00
Hari ke-2	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
Hari ke-3	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00

Sumber: Hasil Pengukuran, 2019

Debit udara yang memasuki ruang apabila dirata-rata mencapai 0.20m³/detik, dan perlu dihitung kecepatan angin rata-rata melalui jendela yang mengarah pada ruang terbuka dan memiliki posisi terendah, yaitu jendela pada sisi selatan dengan luas 4.34m², sehingga kecepatan angin rata-rata yang melewati jendela adalah:

$$V = Q/A$$

$$V = 0.20\text{m}^3/\text{detik} / 4.34\text{m}^2$$

$$V = 0.05\text{m}/\text{detik}$$

Kecepatan angin 0.05m/detik masih kategori rendah. Bentuk jendela yang membuka diagonal memberikan efek terhambatnya pergerakan angin untuk memasuki ruang. Bila diambil pengukuran saat waktu Ashar terlihat bahwa kecepatan angin di luar ruang TU2 antara 1.4-2.9m/detik dan kecepatan angin di dalam ruang TU1 antara 0.4-0.9m/detik, dan ketika angin mengalir dari luar ruang masuk ke dalam ruang, melewati jendela dan ternyata terhambat kecepatannya menjadi hanya 0.05m/detik.

Keleluasaan gerakan udara perlu dirancang agar ruang masjid terasa nyaman. Kenyamanan termal melibatkan tiga aspek, yaitu fisik, fisiologis, dan psikologis, sehingga akan memunculkan pengertian dari kenyamanan termal sebagai ekspresi tingkat kepuasan seseorang dari suatu kondisi pikir terhadap lingkungan termalnya (Hadi, et al., 2020). Bila dirancang bentuk jendela dengan pola aliran angin tegak lurus memasuki ruang masjid dengan engsel tengah atas dan bawah (lihat Gambar 7), maka nilai C akan ada diantara 0.5-0.6, sehingga debit udara rata-rata menjadi lebih besar dan kecepatan angin rata-rata di dalam ruang pun akan lebih besar, dimana $Q_p=0.59 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau kecepatan angin $V=0.13\text{m}/\text{detik}$, sesuai dengan SNI 03-6572-2001.

Gambar 7. Model Jendela Dengan Engsel Tengah Atas-Bawah Membuat Pola Aliran Angin Tegak Lurus

Sumber: Analisis Penulis, 2021

Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0.25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0.15 m/detik. Untuk mendapatkan laju udara yang lancar, *outlet* harus lebih luas dari *inlet*. Apabila *outlet* berupa lubang angin di sisi utara luas 1.07m^2 , dan *inlet* 4.34m^2 , maka minimal luas *outlet* sama dengan luas *inlet*, yaitu 4.34 m^2 , sehingga walaupun pola aliran angin diagonal akan diperoleh debit udara sebagai berikut:

Tabel 3. Debit Udara Dengan Perubahan Luas *Outlet* (Q) Dalam M^3/Detik

Waktu Pengukuran	Subuh	Dzuhur	Ashar	Maghrib	Isya
Hari ke-1	0.00	0.00	3.37	0.00	0.00
Hari ke-2	0.00	0.00	1.82	0.00	0.00
Hari ke-3	0.00	0.00	1.82	0.00	0.00

Sumber: Hasil Pengukuran, 2019

Debit udara yang lebih besar sesuai Tabel 3, maka kecepatan angin di dalam ruang masjid pun akan lebih tinggi. Bila debit udara dirata-rata maka kecepatan angin di dalam ruang masjid akan mencapai 1.33m/detik, masih masuk kategori nyaman, udara terasa ringan (Lippsmeier, 1997; Elbes & Munawaroh, 2019). Perbandingan kondisi awal (eksisting) dengan keadaan ketika lubang angin sebagai *outlet* diperluas, sehingga luas *inlet* = luas *outlet* tergambarkan sebagaimana Gambar 8.

Gambar 8. Perbedaan Perolehan Debit Udara Ketika *Outlet < Inlet* Dan *Outlet = Inlet*
Sumber: Analisis Penulis, 2020

Evaluasi Subjektif

Jumlah responden untuk wawancara sebanyak 20 orang jamaah salat, dengan 10 orang pria dan 10 orang wanita. Pengunjung masjid ini rata-rata berusia 45-80 tahun. Responden yang terpilih merupakan yang sering datang ke masjid untuk melaksanakan salat lima waktu. Seluruh jamaah merasakan nyaman ketika berjamaah salat subuh. Walaupun tidak terasa hembusan angin, namun suhu udara di pagi hari memberikan kenyamanan termal. Rata-rata jamaah mengeluhkan panas pada waktu salat Maghrib dan Isya sejumlah 60% responden. Jamaah pria dan wanita rata-rata lebih memilih tempat di tengah ruang, bila dibandingkan dengan dekat dinding, karena tengah ruang dirasakan lebih nyaman.

Maghrib dan Isya umumnya jumlah jamaah lebih banyak bila dibandingkan tiga waktu salat lainnya, sehingga memungkinkan suhu ruang lebih tinggi karena dilepasnya kalor oleh tubuh (Karyono, 2014). Bagian tengah ruang menjadi pilihan jamaah disebabkan posisi tersebut mendapatkan aliran udara dari dua arah, selatan dan timur. Dari arah selatan angin berasal dari area persawahan, sedangkan dari arah timur angin berasal dari permukiman. Kedua arah angin masuk ke dalam ruang masjid dan bertemu di tengah ruang masjid, sehingga pergerakan angin lebih terasa. Hasil pengukuran lapangan pun mendapatkan nilai tertinggi 0.9m/detik pada posisi di tengah ruang. Terlihat adanya kesesuaian antara pengukuran objektif kecepatan angin dengan pendapat jamaah.

Gambar 9. Zonasi Tingkat Kenyamanan Ruang Masjid
Sumber: Analisis Penulis, 2019

Selain memilih tengah ruang, beberapa jamaah wanita memilih shaf pada posisi dekat jendela di sisi selatan. Kedua tempat/posisi ini menjadi pilihan, karena dirasakan cukup nyaman. Pendapat jamaah terkait kenyamanan termal dan hasil pengukuran di lapangan dipetakan sesuai Gambar 9, yaitu zonasi tingkat kenyamanan ruang masjid, yang terbagi atas zona kurang nyaman, zona nyaman sedang dan zona nyaman (optimal). Jamaah merasakan udara yang mengalir lebih sejuk bila berada di sisi jendela selatan, bila dibandingkan dengan sisi jendela yang lain. Kesejukan disebabkan angin berasal dari area persawahan. Udara membawa oksigen dan dapat mendinginkan ruang. Terlebih bila ada penambahan vegetasi di halaman masjid sisi selatan, sehingga udara akan membentuk iklim mikro dan udara ruang menjadi semakin terasa sejuk (Erdianto, Rofiqo, & Kastono, 2019). Vegetasi secara ekologis berfungsi sebagai ameliorasi atau peningkatan nilai/makna iklim mikro. Vegetasi mampu menciptakan lingkungan yang nyaman melalui pengendalian kenaikan suhu udara. Vegetasi sebagai pengontrol radiasi sinar matahari dan suhu, vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari sehingga menurunkan suhu dan iklim mikro (Fauziah, Rushayati, & Gunawan, 2019).

4. Kesimpulan

Kenyamanan termal bertujuan untuk menciptakan keseimbangan antara suhu tubuh manusia dengan suhu lingkungan di sekitarnya. Kenyamanan termal ruang salat mutlak diperlukan untuk mencapai kekhusyukan beribadah. Masjid Al Kautsar, yang berada dekat persawahan, ternyata tidak dapat mencapai kenyamanan termal, terutama suhu udara dan kecepatan angin. Suhu udara rata-rata 31.0°C dan kecepatan angin rata-rata 0.1m/detik. Ketidaknyaman disebabkan bentuk bukaan jendela diagonal dan luas bukaan jendela, dimana inlet > outlet. Kondisi termal yang paling nyaman diperoleh pada waktu salat Ashar, dimana kecepatan angin mencapai 0.5m/detik. Waktu Ashar adalah peralihan antara siang dan sore, dimana ada perbedaan suhu udara yang membuat pergerakan angin lebih cepat dibanding waktu salat lainnya. Sementara itu kelembapan udara ruang sudah memenuhi standar SNI 6390: 2011 yaitu dengan nilai rata-rata 61,4% RH.

Hasil analisis perubahan disain bentuk bukaan jendela dan luas *outlet* memberikan solusi terhadap kenyamanan ruang. Bentuk bukaan jendela dibuat terbuka sehingga aliran angin tegak lurus jendela, dan luas *outlet* dibuat sama dengan luas inlet. Perubahan disain jendela memberikan peningkatan debit udara yang melewati bukaan jendela 10-12 kali lipatnya dari bentuk jendela yang awal. Keberhasilan mencapai kenyamanan termal dengan perubahan disain bukaan/jendela akan

semakin meningkat dengan adanya penambahan vegetasi di halaman sebelah selatan masjid. Vegetasi telah terbukti dapat memberikan kesejukan udara di dalam ruang masjid.

5. Daftar Acuan

- Arifin, I., & Hidayat, M. (2018). Pengaruh Bukaian Terhadap Kinerja Termal Masjid Jendral Sudirman Jakarta. *Vitruvian Jurnal Arsitektur, Bangunan Dan Lingkungan* Vol. 7 No. 2, 67-76.
- Egan, M. D. (1975). *Concepts In Thermal Comfort*. Prentice-Hall.
- Elbes, R., & Munawaroh, A. (2019). Penilaian Kenyamanan Termal Pada Bangunan Perpustakaan Universitas Bandar Lampung. *Jurnal Arsitektur ARTEKS* Vol. 4 No. 1, 85-98.
- Erdianto, A., Rofiqo, S., & Kastono, D. (2019). Fungsi Ekologis Vegetasi Taman Deggung Sleman Sebagai Pengendali Iklim Mikro Dan Peredam Kebisingan. *Jurnal Vegetalika* Vol. 8 No. 3, 139-152.
- Fauziah, C., Rushayati, S., & Gunawan, H. (2019). Kondisi Iklim Mikro Di Taman Keanekaragaman Hayati Mekarsari Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam* Vol. 16 No. 1, 1-12.
- Hadi, Y., Azaria, T., Putrianto, N., Oktiarso, T., Ekawati, Y., & Noya, S. (2020). Analisis Kenyamanan Termal Ruang Kuliah. *Jurnal Metriks*, 13-26.
- Indrayadi. (2011 Vol. 7 No. 2). Aliran Udara Dalam Ruang Masjid Jawa Moderen. Studi Kasus Masjid Babadan Yogyakarta. *Jurnal Vokasi*, 156-165.
- Karyono, T. H. (2014). Penelitian Kenyamanan Termis Di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia. *Dimensi Teknik Arsitektur* Vol 29 No 1, 24-33.
- Latifah, N. (2015). *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Lippsmeier, G. (1997). *Bangunan Tropis (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Pahmi, A. (2015). *Sistem Penghawaan Alami Masjid Agung Alun Alun Kota Malang*. Malang: Teknik Sipil Universitas Negeri Malang.
- Prasetya, A., & Nugrahaini, F. (2020). Kenyamanan Termal Pada Masjid Baitul Makmur Pabelan. *Seminar Nasional Ilmiah Arsitektur* (Pp. 597-600). Surakarta: Prodi Arsitektur Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Puspitorini, H. D., Hardiman, G., & Setyowati, E. (2013). Kenyamanan Thermal Pada Masjid Al Irsyad Kota Baru Parahyangan, Jawa Barat. *Jurnal Arsitektur* Vol. 1 No. 4, 37-44.
- Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andy.
- Susanti, L., & Zetli, S. (2016). Penyusunan Kriteria Rumah Tinggal Berkonsep Ergo-Ekologi Dalam Upaya Peningkatan Kenyamanan Termal Penghuni. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 15 No. 2, Oktober, 155-170.
- Syamsiyah, Nur Rahmawati, & Suharyani. (2013). Kenyamanan Ruang Dalam Masjid Dan Pembentukan Generasi Muda Islam. In *Islam Dan Peradaban Umat* (Pp. 840-856). Surakarta: Umpress
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). *SNI 03-6572-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (2011). *SNI 6390: 2011, Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta