



# STUDI KENYAMANAN TERMAL DENGAN EKSPERIMEN LAPANGAN MELALUI PENGUKURAN VENTILASI UNTUK MENCAPAI KENYAMANAN DI MASJID AL MADINAH CBD CILEDUG TANGERANG

Falatehan Hidayatulloh<sup>1</sup>, M. Syarif Hidayat<sup>2</sup>, Rona Fika Jamila<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Kota Jakarta

Surel: <sup>1,2</sup>[falatehanhidayatulloh@gmail.com](mailto:falatehanhidayatulloh@gmail.com); <sup>2</sup>[syarifhidayat@mercubuana.ac.id](mailto:syarifhidayat@mercubuana.ac.id);  
<sup>3</sup>[rona.fika@mercubuana.ac.id](mailto:rona.fika@mercubuana.ac.id)

Vitruvian vol 14 no 3 November 2024

Diterima: 31 10 2024 | Direvisi: 20 11 2024 | Disetujui: 23 11 2024 | Diterbitkan: 25 11 2024

## ABSTRAK

Masjid merupakan tempat ibadah umat Islam, dimana kegiatan utama yang dilakukan setiap hari adalah kegiatan shalat. Pada umumnya masjid menggunakan ventilasi alami sebagai penunjang kenyamanan termal dalam ruang. Namun demikian terdapat kecenderungan banyak masjid sekarang menggunakan penyaman udara (AC) walaupun sebelumnya menggunakan bukaan untuk ventilasi alami. Terdapat fenomena yang menarik pada Masjid Al-Madinah CBD Ciledug dimana masjid ini tidak memiliki lubang khusus untuk ventilasi, namun menggunakan jendela buka tutup serta pintu terbuka untuk ventilasi ruang masjid. Pertanyaannya adalah apakah ventilasi dengan jendela buka tutup dan pintu ini dapat memberikan kondisi termal ruangan yang baik untuk ruang masjid. Apakah ventilasi ini dapat memberikan kenyamanan termal bagi para jamaahnya? Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja ventilasi alami pada Masjid Al-Madinah CBD Ciledug, dan apakah ventilasi tersebut dapat memberikan kenyamanan termal bagi para jamaahnya. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan eksperimen lapangan melalui variasi bukaan pada masjid kemudian dilakukan pengukuran kondisi termalnya. Pengukuran kondisi termal dilakukan sebanyak lima kali waktu shalat selanjutnya data yang didapatkan disimulasikan dengan menggunakan aplikasi CBE Thermal Comfort untuk melihat prediksi kenyamanan termal dalam ruangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara dalam ruang utama shalat adalah 0.064 m/s dengan keadaan ventilasi tertutup, 0.38 m/s dengan keadaan ventilasi terbuka. adapun kondisi termal ruang shalat adalah keadaan ventilasi alami tertutup 24.34°C-32.7 °C, sedangkan pada ventilasi terbuka suhu udara tertinggi mencapai 23.95 °C-31.99 °C. Sedangkan hasil simulasi CBE Thermal comfort tool menunjukkan keadaan netral pada waktu subuh, sedikit hangat pada waktu subuh, panas pada waktu dzuhur dan hangat pada waktu ashar hingga isya. Sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka bahwa ruang masjid mengalami keadaan netral pada waktu subuh dan hangat pada waktu dzuhur hingga isya.

**Kata Kunci:** Ventilasi alami; kenyamanan termal; masjid al-madinah; CBD ciledug.

## ABSTRACT

*The mosque is a place of worship for Muslims, where the main activity carried out every day is prayer. In general, mosques use natural ventilation to support indoor thermal comfort. However, there is a tendency for many mosques to now use air conditioning (AC) even though previously they used openings for natural ventilation. There is an interesting phenomenon at the Al-Madinah Mosque CBD Ciledug where this mosque does not have special holes for ventilation, but uses open and close windows and open doors to ventilate the mosque space. The question is whether ventilation with open and closed windows and doors can provide good indoor thermal conditions for the mosque room. Can this ventilation provide thermal comfort for the congregation? The aim of this research is to determine the performance of natural ventilation at the Al-Madinah Mosque, CBD Ciledug, and whether the ventilation can provide thermal comfort for the occupants. The method used is to use field experiments by varying the openings in the mosque and then measuring the thermal conditions. Thermal conditions were measured five times during prayer times, then the data obtained was simulated using the CBE Thermal Comfort application to see predictions of indoor thermal comfort.*

*The results of the study showed that the air flow rate in the main prayer room was 0.064 m/s with closed ventilation, 0.38 m/s with open ventilation. The thermal conditions of the prayer room were closed natural ventilation conditions of 24.34°C-32.7 °C, while in open ventilation the highest air temperature reached 23.95 °C-31.99 °C. Meanwhile, the CBE Thermal Comfort Tool simulation results show a neutral condition at dawn, slightly warm at dawn, hot at midday and warm at Asr to Isha. Meanwhile, in the open ventilation simulation, the mosque room experiences a neutral state at dawn and warm from midday to evening.*

**Keywords:** *Natural ventilation; thermal comfort; mosque al-madinah; CBD ciledug.*

## PENDAHULUAN

Mayoritas penduduk Indonesia beragama Islam, maka masjid merupakan salah satu bangunan peribadatan yang sering dijumpai di Indonesia. Kegiatan utama yang sering dilakukan setiap hari adalah kegiatan shalat. Dalam pelaksanaannya ibadah shalat membutuhkan ketenangan dan kenyamanan fisik maupun psikologis dimana akan tercapainya tujuan dari ibadah tersebut yaitu untuk mendekatkan diri kepada yang Maha Kuasa (Amin, dkk, 2004).

Pada umumnya masjid menggunakan ventilasi alami sebagai penunjang kenyamanan termal dalam ruang, apabila jumlah jama'ah yang tidak terlalu banyak maka kenyamanan pada umumnya dapat dicapai.

Kenyamanan termal sendiri dapat diperoleh melalui ventilasi alami yang merupakan bukaan ataupun lubang untuk memasukkan aliran angin ke dalam bangunan sebagai pendingin ruang yang menyebabkan penghuni ruangan merasa nyaman (Sangkertadi, 1998). Hal ini membuat konsep desain dan ventilasi alami berperan penting terhadap kenyamanan termal seperti Teori Fanger dalam Basaria (2005), kenyamanan termal yang dapat dirasakan manusia merupakan fungsi dari faktor iklim yang terdiri dari suhu udara (OC), kelembaban relatif (%), suhu radiasi rata-rata (OC) dan aliran udara (m/detik) serta dua faktor individu yaitu aktifitas serta jenis pakaian yang digunakan.

Menurut Basaria (2005) merumuskan suhu nyaman menurut tata cara perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan, kenyamanan suatu ruangan yang berada diluar batas normal akan menimbulkan perasaan tidak nyaman, baik ketidaknyamanan fisik maupun mental seseorang, sehingga dapat menimbulkan berbagai persepsi dan perilaku negative. Standard Amerika (ASHRAE 55-1992) mendefinisikan bahwa suatu kondisi

dinyatakan nyaman apabila tidak kurang dari 90 persen responden yang diukur menyatakan nyaman secara termal.

Ventilasi alami sendiri adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara segar dari luar ruangan tanpa bantuan peralatan mekanik (Satwiko, 2009). Konsep desain dengan sistem penghawaan alami memanfaatkan faktor posisi bangunan terhadap lingkungan, orientasi bangunan serta tata letak massa bangunan terhadap arah angin dan matahari (Sukawi, dkk, 2013).

Penggunaan ventilasi alami pada bangunan masjid biasanya menggunakan lubang udara yang terdapat pada bagian atas dari jendela atau pintu masjid. Selain itu bangunan masjid yang menggunakan ventilasi alami ini juga menggunakan tambahan kipas angin untuk menciptakan aliran udara dalam ruangan.

Fenomena pada masalah arsitektur mengenai bukaan ventilasi alami pada bangunan masjid yang sangat diharapkan dapat memenuhi kebutuhan kenyamanan termal bagi para pengguna masjid agar lebih khusyuk dalam beribadah. Salah satu fenomena kenyamanan termal yang terjadi pada ruang Masjid Al-Madinah CBD Ciledug. Kebaruan penelitian ini adalah penggunaan tidak adanya sarana ventilasi yang lazim digunakan, yaitu lubang pada bagian atas jendela atau pintu.

Dari uraian permasalahan tersebut muncul pertanyaan sebagai berikut: Bagaimana kondisi termal ruang masjid pada saat jendela / pintu tertutup dan jendela/ pintu terbuka, bagaimana kinerja ventilasi alami pada Masjid Al-Madinah CBD Ciledug? Bagaimana prediksi kenyamanan termal dengan menggunakan simulasi computer CBE Thermal Comfort?

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan dua metoda utama. Pertama melakukan pengukuran kondisi termal ruang masjid dan kedua



melakukan simulasi computer dengan menggunakan *CBE Thermal Comfort*. Untuk memprediksi tingkat kenyamanan termal pada ruang masjid tersebut. Tingkat kenyamanan termal tersebut adalah sangat panas (3), panas (2) agar panas (1), netral (0) agak sejuk (-1), sejuk (-2) dingin (-3)

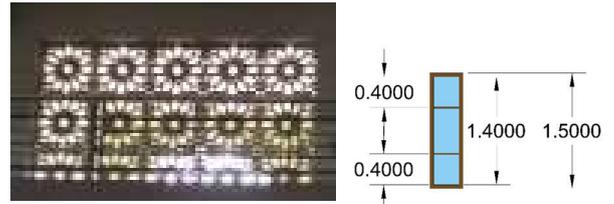
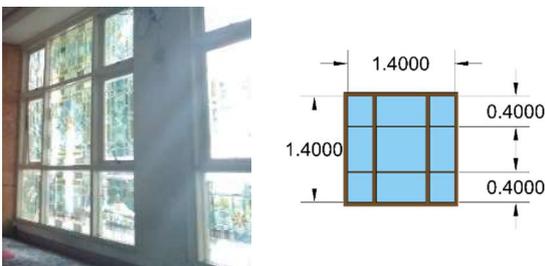
### Obyek Penelitian

Penelitian berlokasi di Masjid Al-Madinah CBD Ciledug. Masjid ini berada di kawasan Central Business District (CBD) Ciledug kota Tangerang. Bangunan masjid ini terdiri dari 3 lantai. Lantai pertama digunakan sebagai fasilitas administrasi. Lantai kedua merupakan lantai utama yaitu tempat shalat. Lantai tiga merupakan mezanin yang digunakan untuk shalat Jemaah wanita.



Gambar 1. Area Ruang Shalat Masjid Al-Madinah CBD Ciledug

Ruang utama bagian dalam masjid terlihat modern dan luas. Hal ini dikarenakan bagian dalam masjid memiliki jendela kaca yang banyak dan ketinggian plafond yang cukup tinggi menjadikan masjid ini terlihat lebih luas.



Gambar 3. Titik Sampling Pengukuran Penelitian

### Waktu Pengukuran

Waktu pengukuran dilakukan selama 2 hari yaitu mulai tanggal 3 Juni 2018 dan 4 Juni 2018 pengukuran dilakukan di waktu jam setelah shalat. Dengan pengukuran 4 metode pengukuran yaitu kecepatan angin, suhu, kelembaban udara serta radiasi matahari. Ketentuan waktu pengukuran

berdasarkan range suhu yang sama dan sampling penelitian yang sama di hari berbeda. Apabila terdapat perbedaan suhu maka penelitian akan dilakukan dengan standar perbedaan suhu sebesar 3°C.

- a. Lokasi penelitian diamati berkaitan dengan iklim lingkungan, orientasi matahari, serta daerah sekitar bangunan.
- b. Keefektifan bukaan ventilasi alami diamati berkaitan dengan perlakuan berbeda terhadap ventilasi alami yaitu ventilasi alami dibuka dan ditutup.
- c. Pengguna penelitian diamati berkaitan dengan kegiatan pengguna serta pakaian yang mempengaruhi kenyamanan termal dalam ruang bangunan shalat
- d. Rancangan instrument yang digunakan pada penelitian ini dibantu dengan alat alat seperti kamera dan alat tulis. Sedangkan pengukuran dibantu dengan alat Thermo Hygrometer, Anemometer dan infrared Thermometer. Pengukuran psikologis untuk mengetahui kenyamanan thermal pengguna. Data hasil pengukuran diinput kedalam Tabel Observasi.
- e. Penelitian evaluasi kinerja ventilasi alami terhadap kenyamanan termal pada Masjid Al-Madinah CBD Ciledug ini dilakukan didalam ruangan utama shalat, dimana ruangan ini merupakan area shalat yang memiliki ventilasi alami. Pembagian ruangan tersebut dibagi menjadi 9 titik (Lantai 1) dan 7 titik ukur (Lantai 2). Pada titik tersebut perlakuan berbeda yang dilakukan adalah bukaan ventilasi alami akan diukur ketika terbuka dan tertutup.

### Pengukuran

- a. Proses pengukuran langsung dilakukan pada ruang-ruang shalat yang dijadikan objek penelitian dengan menggunakan 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3). Pengukuran dilakukan pada tiap titiknya dengan estimasi waktu yaitu  $\pm 5$  menit pada setiap titiknya.
- b. Pengukuran dibagi menjadi 5 waktu yaitu jam – jam shalat, karena pada jam itulah jamaah melakukan aktifitas shalat (subuh (05.30), dzuhur (12.15), ashar (15.30), maghrib (18.15), isya (19.15).
- c. Ada 4 hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengukuran kenyamanan termal yaitu :

1. Suhu Udara, Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu adalah Thermohygrometer
2. Kelembaban udara, Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kelembaban udara adalah Thermohygrometer
3. Untuk menentukan kelembaban suhu, ada 2 standar kelembaban yaitu Lippsmeir (1994) dan MENKES (1998)
4. Suhu radiasi, Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu radiasi rata-rata pada permukaan dengan menggunakan sinar laser yaitu Infrared Thermometer

### Kecepatan udara

- a. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara adalah Anemometer
- b. Untuk menentukan kriteria kecepatan udara berdasarkan hasil simulasi menggunakan standar Lippsmeir (1997:38)
- c. Tingkat metabolisme, Tingkat metabolisme yang berdasarkan kriteria yang bersumber dari ASHRAE (1989) dengan aktifitas duduk
- d. Besaran : 1.2 Met
- e. Temperatur udara, Tingkat metabolisme berdasarkan kriteria yang bersumber dari ASHRAE (1989)
- f. Parameter : Pakaian
 

Pria	: baju kemeja/kaos lengan panjang celana panjang
Wanita	: baju kemeja/kaos lengan panjang, celana maupun rok panjang
Besaran	: Pria : 0.65 clo Wanita : 0.78 clo

Kemudian data yang diperoleh diolah dengan metode grafik. Data yang digrafikkan tersebut pengukuran faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal:

- Suhu udara ( $T_a$ )
- Suhu radiasi ( $T_g$ )
- Kecepatan udara ( $V_a$ )
- Kelembaban udara (RH)

Untuk Software Comfort Tool digunakan untuk mensimulasikan besarnya nilai PMV (Prediction Mean Vote) sebagai indikator pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal pengguna Masjid Baitul Kurnia. Untuk menghitung formula tersebut digunakan perangkat lunak CBE Comfort Tool Calculation, perangkat lunak ini menghitung besarnya nilai PMV dan PPD.



Adapun pengukuran faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan termal: suhu udara ( $T_a$ ), suhu radiasi ( $T_g$ ) kecepatan udara ( $V_a$ ), kelembaban udara (RH) di dalam Masjid Al-Madinah CBD Ciledug.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengukuran Suhu Udara

Berdasarkan pengukuran suhu udara pada tanggal 3 Juni 2018 di ruang masjid simulasi tertutup semua, pengukuran suhu udara dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3) dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 2 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu udara didalam ruangan mencapai 24.8°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu udara merupakan suhu puncaknya mencapai 32.7°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu udara turun mencapai 31.7°C. Namun pada malam hari suhu udara kembali turun mencapai 29.9°C pada waktu maghrib dan 28.8°C pada waktu isya. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 3 lebih dingin dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu udara didalam ruangan mencapai 24.2°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu udara merupakan suhu puncaknya mencapai 32.7°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu udara turun mencapai 31.9°C. Namun pada malam hari suhu udara kembali turun mencapai 29.9°C pada waktu maghrib dan 28.8°C pada waktu isya.

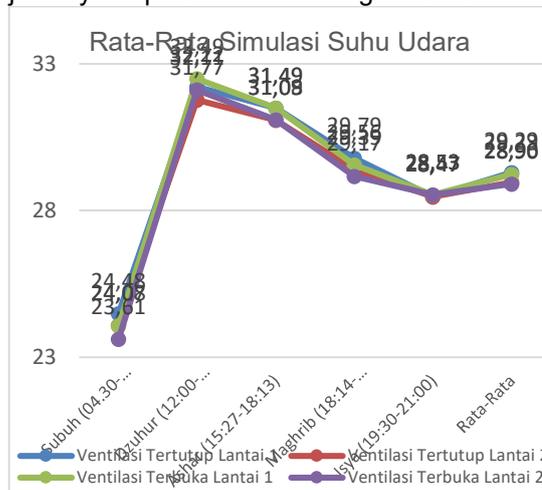
Pengukuran suhu udara pada tanggal 4 Juni 2018 di ruang masjid simulasi terbuka semua, pengukuran suhu udara dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk

mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 1) dan 7 titik ukur (Lantai 2) dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 2 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu udara didalam ruangan mencapai 24.4°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu udara merupakan suhu puncaknya mencapai 32.1°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu udara turun mencapai 31.3°C. Namun pada malam hari suhu udara kembali turun mencapai 29.5°C pada waktu maghrib dan 28.8°C pada waktu isya. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 3 lebih dingin dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu udara didalam ruangan mencapai 23.8°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu udara merupakan suhu puncaknya mencapai 32.3°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu udara turun mencapai 31.5°C. Namun pada malam hari suhu udara kembali turun mencapai 29.5°C pada waktu maghrib dan 28.8°C pada waktu isya.

Melalui pengukuran yang telah dilakukan selama 2 hari didapatkan kesimpulan dengan melihat rata-rata pengukuran suhu udara dengan masing masing simulasi yang digunakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik dibawah.



Gambar 4. Rata-Rata Simulasi Suhu Udara

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwasanya pada simulasi yang dilakukan dengan simulasi tertutup suhu tertinggi mencapai 32.22°C pada lantai 1 dengan suhu terendah 24.08°C pada lantai 2, sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka suhu udara tertinggi mencapai 32.49°C pada lantai 1 dengan suhu terendah mencapai 23.61°C pada lantai 2. Dengan kedua simulasi ini diketahui bahwa ventilasi mempengaruhi keadaan suhu udara di dalam ruangan.

### Hasil Pengukuran Suhu Radiasi

Berdasarkan pengukuran suhu radiasi pada tanggal 3 Juni 2018 di ruang masjid simulasi tertutup semua, pengukuran suhu radiasi dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 2) dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 2 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu radiasi didalam ruangan mencapai 25°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu radiasi merupakan suhu puncaknya mencapai 32.8°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu radiasi turun mencapai 31.9°C. Namun pada malam hari suhu radiasi kembali turun mencapai 30.6°C pada waktu maghrib dan 29.6°C pada waktu isya. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 2 lebih dingin dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

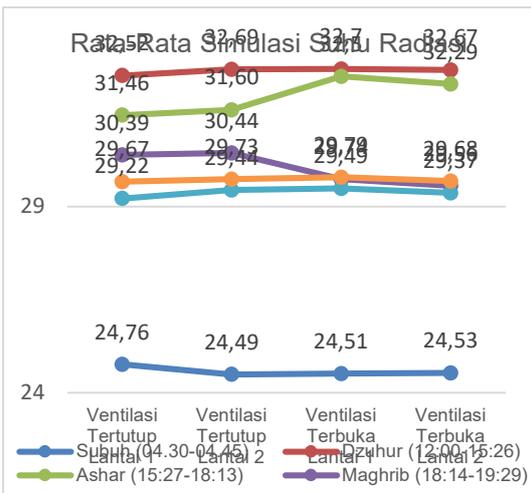
Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu radiasi didalam ruangan mencapai 24.9°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu radiasi merupakan suhu puncaknya mencapai 32.9°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu radiasi turun mencapai 31.9°C. Namun pada malam hari suhu radiasi kembali turun mencapai 30.6°C pada waktu maghrib dan 29.7°C pada waktu isya.

Pengukuran suhu radiasi pada tanggal 4 Juni 2018 di ruang masjid simulasi terbuka semua, pengukuran suhu radiasi dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3) dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 1 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu radiasi didalam ruangan mencapai 24.9°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu radiasi merupakan suhu puncaknya mencapai 33.1°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu radiasi turun mencapai 32.9°C. Namun pada malam hari suhu radiasi kembali turun mencapai 30.2°C pada waktu maghrib dan 29.9°C pada waktu isya. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 2 lebih dingin dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara suhu luar dan dalam. Dimulai shalat subuh suhu radiasi didalam ruangan mencapai 24.9°C, pada shalat dzuhur suhu ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 suhu radiasi merupakan suhu puncaknya mencapai 32.9°C. Sedangkan pada shalat ashar suhu radiasi turun mencapai 32.5°C. Namun pada malam hari suhu radiasi kembali turun mencapai 29.9°C pada waktu maghrib dan 29.7°C pada waktu isya.

Melalui pengukuran yang telah dilakukan selama 3 hari didapatkan kesimpulan dengan melihat rata-rata pengukuran suhu radiasi dengan masing masing simulasi yang digunakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik dibawah.



Gambar 5. Rata-Rata Simulasi Radiasi

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwasanya pada simulasi yang dilakukan dengan simulasi tertutup suhu tertinggi mencapai 32.69°C pada lantai 2 dengan suhu terendah 24.49°C pada lantai 3, sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka suhu radiasi tertinggi mencapai 32.7°C pada lantai 1 dengan suhu terendah mencapai 24.51°C pada lantai 2. Dengan kedua simulasi ini diketahui bahwa ventilasi mempengaruhi keadaan suhu radiasi di dalam ruangan.

### Hasil Pengukuran Kecepatan Angin

Berdasarkan pengukuran kecepatan angin pada tanggal 3 Juni 2018 di ruang masjid simulasi tertutup semua, pengukuran kecepatan angin dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3) serta 8 titik bukaan jendela dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, kecepatan angin di dalam ruangan dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.2-1 m/s yang diakibatkan bukaan dan orientasi bangunan yang jadi perantara alur angin luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kecepatan angin maksimal adalah 0.1 m/s dan beberapa tempat tidak terdapat angin. Dengan rata-rata kecepatan angin ruang masjid tertinggi mencapai 0.1 m/s. Pada ruangan ini di lantai 2 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 2 lebih kencang dari pada lantai 1 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, kecepatan angin di dalam ruangan dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.2-1 m/s yang diakibatkan bukaan

dan orientasi bangunan yang jadi perantara alur angin luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kecepatan angin maksimal adalah 0.1 m/s dan beberapa tempat tidak terdapat angin. Dengan rata-rata kecepatan angin ruang masjid tertinggi mencapai 0.1 m/s.

Pengukuran kecepatan angin pada tanggal 4 Juni 2018 di ruang masjid simulasi terbuka semua, pengukuran kecepatan angin dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 1) dan 7 titik ukur (Lantai 3) serta 8 titik dimuka bukaan ventilasi dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, pada ruangan ini kecepatan angin di titik area tengah ruangan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan angin di titik area terdekat dengan ventilasi utama. Mulai shalat subuh kecepatan angin mencapai puncaknya yaitu 0.8 m/s pada waktu ashar. Namun terdapat beberapa titik yang tidak mendapat angin.

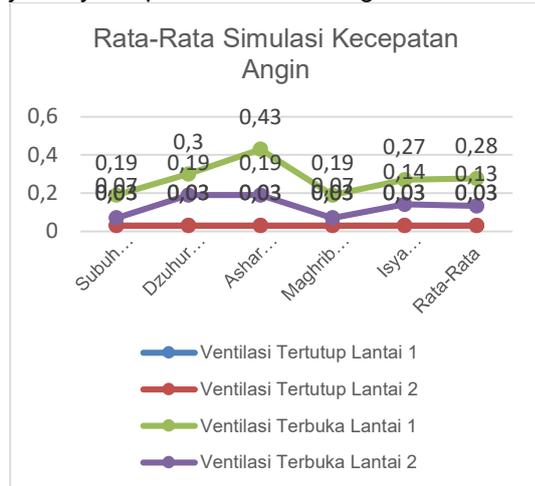
Dengan rata-rata kecepatan angin ruang masjid tertinggi mencapai 0.43 m/s dan rata-rata kecepatan angin terendah mencapai 0.19 m/s. Perbedaan yang signifikan pada kecepatan angin diruang dalam terjadi akibat pemerataan dan penyebaran angin yang tidak menyebar kebanyak arah menyebabkan perbedaan kecepatan angin pada titik pengukuran. Sedangkan perbedaan kecepatan angin yang terlalu jauh antara rentan waktu ashar dipengaruhi faktor lingkungan serta luasan bukaan ventilasi pada ruang masjid. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 3 lebih kencang dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, pada ruangan ini kecepatan angin di titik area tengah ruangan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan angin di titik area terdekat dengan ventilasi utama. Mulai shalat subuh kecepatan angin mencapai puncaknya yaitu 0.4 m/s pada waktu dzuhur. Namun terdapat beberapa titik yang tidak mendapat angin.

Dengan rata-rata kecepatan angin ruang masjid tertinggi mencapai 0.50 m/s dan rata-rata kecepatan angin terendah mencapai 0.20 m/s. Perbedaan yang signifikan pada kecepatan angin diruang dalam terjadi akibat pemerataan dan penyebaran angin yang tidak menyebar

kebanyak arah menyebabkan perbedaan kecepatan angin pada titik pengukuran. Sedangkan perbedaan kecepatan angin yang terlalu jauh antara rentan waktu ashar dipengaruhi faktor lingkungan serta luasan bukaan ventilasi pada ruang masjid.

Melalui pengukuran yang telah dilakukan selama 2 hari didapatkan kesimpulan dengan melihat rata-rata pengukuran kecepatan angin dengan masing masing simulasi yang digunakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik dibawah.



Gambar 6. Rata rata simulasi kecepatan angin.

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwasanya pada simulasi yang dilakukan di hari pertama dengan keadaan ventilasi tertutup kecepatan angin mencapai 0.03 m/s saja, sedangkan pada simulasi hari kedua dengan keadaan ventilasi terbuka kecepatan angin tertinggi mencapai 0.43 m/s pada lantai 2 dan 0.19 pada lantai 3.

Perbedaan yang signifikan pada kecepatan angin diruang dalam terjadi akibat pemerataan dan penyebaran angin yang tidak menyebar kebanyak arah menyebabkan perbedaan kecepatan angin pada titik pengukuran.

### Hasil Pengukuran Kelembaban

Berdasarkan pengukuran kelembaban pada tanggal 3 Juni 2018 di ruang masjid simulasi tertutup semua, pengukuran kelembaban dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3) dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

Secara umum, kelembaban di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara kelembaban luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kelembaban didalam ruangan mencapai 65%, pada shalat dzuhur kelembaban ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 kelembaban merupakan kelembaban puncaknya mencapai 57%. Sedangkan pada shalat ashar kelembaban turun mencapai 60%. Namun pada malam hari kelembaban kembali turun mencapai 65% pada waktu maghrib dan 28.8°C pada waktu isya. Pada ruangan ini di lantai 3 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 3 lebih lembab dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, suhu di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara kelembaban luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kelembaban didalam ruangan mencapai 65%, pada shalat dzuhur kelembaban ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 kelembaban merupakan suhu puncaknya mencapai 57%. Sedangkan pada shalat ashar kelembaban turun mencapai 61%. Namun pada malam hari kelembaban kembali turun mencapai 62% pada waktu maghrib dan 65% pada waktu isya.

Pengukuran kelembaban pada tanggal 4 Juni 2018 di ruang masjid simulasi terbuka semua, pengukuran kelembaban dilakukan di waktu setelah sholat subuh dimulai pukul 04:45-05:45, dzuhur pukul 12:30-13:30, ashar 15:27-18:13, maghrib 18:14-19:29 dan isya 19:30-21:00. Untuk mendapatkan data akurat maka pengukuran dilakukan di 9 titik (Lantai 2) dan 7 titik ukur (Lantai 3) serta 8 titik dimuka bukaan ventilasi dengan interval pengukuran 3 menit/titik pengukuran.

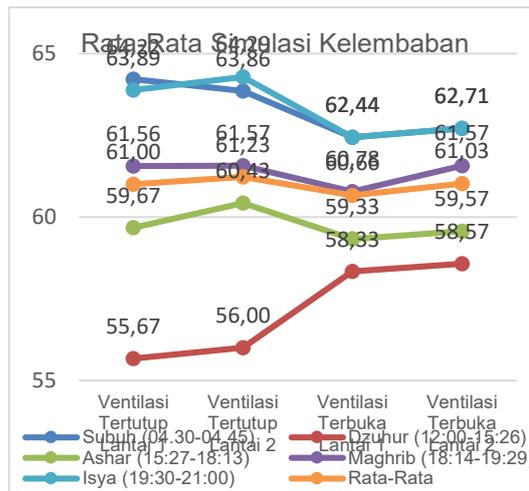
Secara umum, kelembaban di dalam ruangan pada lantai 2 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara kelembaban luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kelembaban didalam ruangan mencapai 63%, pada shalat dzuhur kelembaban ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 kelembaban merupakan kelembaban puncaknya mencapai 59%. Sedangkan pada shalat ashar kelembaban turun mencapai 60%. Namun pada malam hari kelembaban kembali turun mencapai 62% pada waktu maghrib dan 63% pada waktu isya. Pada



ruangan ini di lantai 2 terlihat dari hasil pengukuran simulasi pertama bahwa lantai 3 lebih dingin dari pada lantai 2 dikarenakan adanya bukaan ventilasi permanen.

Secara umum, kelembaban di dalam ruangan pada lantai 3 dan di luar ruangan rata-rata selisihnya 0.5-1 derajat yang diakibatkan oleh material dan bukaan yang jadi perantara kelembaban luar dan dalam. Dimulai shalat subuh kelembaban didalam ruangan mencapai 64%, pada shalat dzuhur kelembaban ruangan utama dari pukul 12.00-15.30 kelembaban merupakan suhu puncaknya mencapai 59%. Sedangkan pada shalat ashar kelembaban turun mencapai 60%. Namun pada malam hari kelembaban kembali turun mencapai 62% pada waktu maghrib dan 64% pada waktu isya.

Melalui pengukuran yang telah dilakukan selama 2 hari didapatkan kesimpulan dengan melihat rata-rata pengukuran suhu udara dengan masing masing simulasi yang digunakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik di samping.



Gambar 7. Rata-Rata Simulasi Kelembaban

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwasanya pada simulasi yang dilakukan dengan simulasi tertutup kelembaban tertinggi mencapai 64.29% pada lantai 3 dengan kelembaban terendah 67% pada lantai 2, sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka kelembaban tertinggi mencapai 62.71% pada lantai 3 dengan kelembaban terendah mencapai 58.33% pada lantai 2. Dengan kedua simulasi ini diketahui bahwa ventilasi mempengaruhi keadaan kelembaban di dalam ruangan.

#### Analisis Data

#### Hasil PMV dan PPD Menggunakan Program Comfort Estimator Pada Bangunan

Tabel dibawah ini merupakan hasil pengukuran terhadap kenyamanan pada ruang shalat.

Tabel 1. Tabel Hasil PMV dan PPD Simulasi Ventilasi Tertutup

No	Waktu Shalat	Jenis Kelamin	Suhu Udara TA (°C)	Suhu Radiasi Tg (°C)	Kecepatan Angin Va (m/s)	Kelembaban RH (%)	Metabolisme (Mnet)	Insulasi Pakaian (Clo)	PMV	PPD	Sensasi Termal
	Subuh	Pria	24.34	24.68	0.044	64.29	1.2	0.65	0.34	7	Neutral
		Wanita	24.34	24.68	0.044	64.29	1.2	0.78	0.53	11	Slightly Warm
1	Dzuhur	Pria	32.7	32.64	0.033	56.11	1.2	0.65	2.57	95	Hot
2		Wanita	32.7	32.64	0.033	56.11	1.2	0.78	2.59	95	Hot
3	Ashar	Pria	31.54	31.59	0.064	60.11	1.2	0.65	2.29	88	Warm
4		Wanita	31.54	31.59	0.064	60.11	1.2	0.78	2.33	89	Warm
5	Maghrib	Pria	29.71	30.42	0.056	61.7	1.2	0.65	1.90	72	Warm
6		Wanita	29.71	30.42	0.056	61.7	1.2	0.78	1.97	75	Warm
7	Isya	Pria	28.64	29.34	0.048	64.11	1.2	0.65	1.61	57	Warm
8		Wanita	28.64	30.34	0.048	64.11	1.2	0.78	1.71	62	Warm

Berdasarkan hasil perhitungan PMV dan PPD terlihat pada tabel di atas bahwa ruang masjid mengalami keadaan netral

pada waktu subuh, sedikit hangat pada waktu subuh, panas pada waktu dzuhur dan hangat pada waktu ashar hingga isya.

Tabel 2. Tabel Hasil PMV dan PPD Simulasi Ventilasi Terbuka

No	Waktu Shalat	Jenis Kelamin	Suhu Udara TA (°C)	Suhu Radiasi Tg (°C)	Kecepatan Angin Va (m/s)	Kelembaban RH (%)	Metabolisme (Mnet)	Insulasi Pakaian (Clo)	PMV	PPD	Sensasi Termal
	Subuh	Pria	23.95	24.60	0.16	62.94	1.2	0.65	0.13	5	Neutral
		Wanita	23.95	24.60	0.16	62.94	1.2	0.78	0.33	7	Neutral
1	Dzuhur	Pria	31.99	32.74	0.26	58.58	1.2	0.65	2.06	79	Warm
2		Wanita	31.99	32.74	0.26	58.58	1.2	0.78	2.14	82	Warm
3	Ashar	Pria	31.17	32.44	0.38	61.41	1.2	0.65	1.70	62	Warm
4		Wanita	31.17	32.44	0.38	61.41	1.2	0.78	1.81	68	Warm
5	Maghrib	Pria	29.36	29.73	0.17	62.7	1.2	0.65	1.56	54	Warm
6		Wanita	29.36	29.73	0.17	62.7	1.2	0.78	1.66	60	Warm
7	Isya	Pria	28.56	29.47	0.24	61.05	1.2	0.65	1.16	33	Slightly Warm
8		Wanita	28.56	39.47	0.24	61.05	1.2	0.78	1.30	40	Slightly Warm

Berdasarkan hasil perhitungan PMV dan PPD terlihat pada tabel di atas bahwa ruang masjid mengalami keadaan netral pada waktu subuh dan hangat pada waktu dzuhur hingga isya.

Berikut adalah hasil simulasi PMV dan PPD rata rata ruang masjid

Hasil PMV dan PPD					
Simulasi	Subuh	Dzuhur	Ashar	Maghrib	Isya
Ventilasi Tertutup	Neutral	Warm	Warm	Warm	Warm
Ventilasi Terbuka	Neutral	Warm	Warm	Warm	lightly Warm

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai “Analisa Kinerja Ventilasi Terhadap Kenyamanan Termal Pada Masjid Al-Madinah (CBD Ciledug)”, maka kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

a. Kondisi termal ruang shalat

Bahwasanya pada simulasi yang dilakukan di hari pertama dengan keadaan ventilasi alami tertutup suhu tertinggi mencapai 32.7 °C dengan suhu terendah 24.34°C, sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka suhu udara tertinggi mencapai 31.99 °C dengan suhu terendah mencapai 23.95 °C. Dengan kedua simulasi ini diketahui bahwa ventilasi mempengaruhi keadaan suhu udara di dalam ruangan.

Kelembaban udara bahwasanya pada simulasi yang dilakukan di hari pertama dengan keadaan ventilasi tertutup kelembaban udaran mencapai 64.29 %, sedangkan pada simulasi hari kedua dengan keadaan ventilasi terbuka kelembaban udara tertinggi mencapai 62.94%.

Suhu Radiasi bahwasanya pada simulasi yang dilakukan dengan simulasi tertutup suhu tertinggi mencapai 32.64 °C dengan suhu terendah 24.68 °C, sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka suhu radiasi tertinggi mencapai 32.74 °C dengan suhu terendah mencapai 24.60 °C. Dengan kedua simulasi ini diketahui bahwa ventilasi mempengaruhi keadaan suhu udara di dalam ruangan.

b. Kinerja ventilasi alami ruang shalat

Kecepatan angin menunjukkan bahwasanya pada simulasi yang dilakukan di hari pertama dengan keadaan ventilasi tertutup kecepatan angin mencapai 0.064 m/s saja, sedangkan pada simulasi hari kedua dengan keadaan ventilasi terbuka kecepatan angin tertinggi mencapai 0.38 m/s.

c. Berdasarkan Hasil Rata-Rata PMV dan PPD

Hasil perhitungan rata-rata PMV dan PPD pada simulasi ventilasi tertutup bahwa ruang masjid mengalami keadaan netral pada waktu subuh, sedikit hangat pada waktu subuh, panas pada waktu dzuhur dan hangat pada waktu ashar hingga isya. Sedangkan pada simulasi ventilasi terbuka bahwa ruang masjid mengalami keadaan netral pada waktu subuh dan hangat pada waktu dzuhur hingga isya.

### Saran/Rekomendasi

Dari kesimpulan dan penelitian sebelumnya, maka peneliti dapat



memberikan saran bagi pihak masjid dan para peneliti selanjutnya sebagai berikut:

- a. Penggunaan ventilasi buatan (kipas) masih dapat digunakan untuk mengurangi suhu udara yang terlalu tinggi. Kelembaban sudah cukup rendah.
- b. Pintu tidak dibuka terlalu lebar agar radiasi tidak masuk terlalu banyak .
- c. Penelitian lanjutan dapat dilakukan lebih mendalam pada parameter kenyamanan termal lain seperti dimensi dan orientasi ventilasi alami terhadap luasan bangunan dan penelitian lanjutan mengenai parameter termal terhadap permukaan Masjid Al-Madinah (CBD Ciledug).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Danusputra, H., & Prianto, E. (2004). Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal pada bangunan publik di daerah tropis (Studi kasus: Masjid Raya Al-Mashun Medan). *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1(2).
- ASHRAE, ANSI. (2004). *Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy*.
- Auliciems, A., & Szokolay, S. (2007). *Thermal comfort. PLEA: Passive and Low Energy Architecture International. Note 3*.
- Axley, J. W., & Emmerich, S. J. (2002). A method to assess the suitability of a climate for natural ventilation of commercial buildings. *Proceedings: Indoor Air 2002, Monterey, CA*.
- Boutet, T. S. (1987). *Controlling air movement: A manual for architects and builders*. McGraw-Hill.
- Desyana, D. (2014). *Studi kenyamanan termal pada bangunan Masjid Jami Al-Mubarak Kabupaten Tangerang* [Unpublished study].
- Fanger, P. O. (1986). Thermal environment—Human requirements. *Environmentalist*, 6(4), 275–278.
- Feriadi, H., & Wong, N. H. (2004). Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. *Energy and Buildings*, 36(7), 614–626.
- Givoni, B. (1976). *Man, climate, and architecture*.
- Hennessy, J. L., & Patterson, D. A. (2011). *Computer architecture: A quantitative approach*. Elsevier.
- Hidayatullah, Y. (2014). *Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal siswa pada bangunan SMP N 206 Jakarta Barat* [Unpublished study].
- Karyono, T. H. (2001). *Teori dan acuan kenyamanan termis dalam arsitektur*. Jakarta: Catur Libra Optima.
- Latifah, N. L., et al. (2013). *Kajian kenyamanan termal pada bangunan Student Center Itenas Bandung*. Reka Karsa, 1(1).
- Lippsmeier, I. (1997). *Bangunan tropis*. *Bangunan*, 720, 8.
- Mangunwijaya, Y. B. (1994). *Pasal-pasal pengantar fisika bangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Mediastika, C. E. (2002). Desain jendela bangunan domestik untuk mencapai “cooling ventilation.” *Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur*, 30(1).
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). *SNI 03-6572-2001: Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*.
- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572.
- Nugroho, A. (2011). *Perancangan dan implementasi sistem basis data*. Yogyakarta: Andi.
- Owen, M. S., & Kennedy, H. E. (2009). *ASHRAE handbook: Fundamentals (SI edition)*. ASHRAE.
- Putra, W. P. (2009). *Ventilasi alami untuk hunian berdempetan di daerah beriklim panas lembab* [Unpublished study].
- Putri, H. E. (2011). *Pengukuran performansi termal tenda darurat untuk daerah tropis* [Unpublished study].
- Romdhonah, Y., Suhardiyanto, H., Erizal, E., & Saptomo, S. K. (2015). Analisis ventilasi alamiah pada greenhouse tipe standard peak menggunakan computational fluid dynamics. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 3(2), 170–178.
- Roth, M. (2017). Update climate design data in chapter 14 of the 2017 ASHRAE handbook of fundamentals (RP-1699). *ASHRAE RP-1699 Final Report*. Atlanta: ASHRAE.
- Santamouris, M., Mihalakakou, G., & Asimakopoulos, D. N. (1997). On the coupling of thermostatically controlled buildings with ground and night ventilation passive dissipation

- techniques. *Solar Energy*, 60(3–4), 191–197.
- Satwiko, P. (2008). *Fisika bangunan*.
- Satwiko, P. (2009). *Pengertian kenyamanan dalam suatu bangunan*. Yogyakarta: Wignjosoebroto.
- Seputra, J. A. P. (2017). Evaluasi performa ventilasi alami pada desain bukaan ruang kelas Universitas Atma Jaya Yogyakarta. *Jurnal Arsitektur KOMPOSISI*, 10(3), 149–170.
- Standard, A. S. H. R. A. E. (1992). *Standard 55-1992: Thermal environmental conditions for human occupancy*.
- Sukawi, D. A. (2013). Potensi ventilasi atap terhadap pendinginan pasif ruangan pada pengembangan rumah sederhana. *Prosiding Seminar IPLBI Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Szokolay, S. V. (1980). *Environmental science handbook for architects and builders*. Construction Press.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan kenyamanan thermal dalam bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 6(3).
- Tayeb, M., Rahim, R., & Baharuddin. (2016). Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal ruang kelas siswa pada bangunan SD Negeri Sudirman 1 Kota Makassar. *Simposium Nasional RAPI XV-2016*.
- Wailan, K. J. (2011). Perhitungan aliran angin pada ventilasi bangunan menggunakan simulasi numerik. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 69–72.
- Zubieta-Calleja, G., & Paulev, P. E. (2004). *New human physiology*. Retrieved April 25, 2012.