

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi termal Masjid Darul Ulum Pamulang pada waktu puncak dan selain waktu puncak serta pengaruh pergerakan udara pada kenyamanan termal yang ada, pengaruh desain bukaan terhadap pergerakan dan kecepatan udara di ruang dalam masjid, dan pengaruh penambahan kipas angin terhadap kenyamanan termal tersebut. Desain bukaan dari segi perletakan sudah sesuai dengan arah datang angin dominan pada lingkungan tersebut, yaitu pada arah barat. Lubang bukaan pada lantai 1 yang terletak di bagian bawah serta bukaan pada lantai 2 (yang terletak dekat dengan plafon) efektif memasukkan angin ke dalam bangunan. Orientasi masjid memiliki kemiringan terhadap arah datang angin sehingga bermanfaat dalam menciptakan pergerakan udara yang memutar di ruang ibadah. Luasan bukaan pada bangunan juga sudah memenuhi standar penghawaan alami yang dibutuhkan, walaupun kecepatan angin di dalam bangunan dapat ditingkatkan kembali dengan mengubah rasio *inlet* dan *outlet* atau dengan menambah bukaan pada dinding sisi sebelah timur yang akan berfungsi sebagai *outlet*, menambah bukaan untuk mengeluarkan udara panas di bangunan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi termal pada waktu puncak berada dalam kategori Hangat Tidak Nyaman ($>27.2\text{ }^{\circ}\text{C}$) dengan rata-rata sebesar $29\text{-}28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Seiring peningkatan jumlah pengguna di dalam masjid, tingkat kelembaban relatif dan temperatur efektif pun bertambah. Temperatur Efektif pada pukul 12.00 paling tinggi, tetapi mengalami penurunan dari suhu di ruang luar, sementara pada pukul 14.00 dan 15.30 terjadi peningkatan dari suhu di ruang luar. Hasil simulasi pada 21 Maret, 22 Juni, dan 22 Desember juga menunjukkan adanya panas pada sisi barat ruang salat yang diakibatkan radiasi sinar matahari serta peletakkan bukaan berupa jendela mati yang langsung mengarah pada area salat dan skylight, walaupun dari aspek pergerakan dan kecepatan udara, area ini memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan area lainnya.

Hasil simulasi didapat beberapa area memiliki Temperature Operatif di atas $28.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan standar Kenyamanan Termal Adaptif ASHRAE 55-2023, meningkatkan kecepatan angin sebesar 0.3 m/s kondisi termal sudah masuk ke dalam kategori nyaman pada 90% *Acceptability Limit* dan meningkatkan kecepatan angin sebesar 0.6 m/s kondisi termal ruang salat masuk ke dalam kategori nyaman dengan 80% *Acceptability Limit*.

Peningkatan kecepatan angin dapat dilakukan dengan merubah rasio inlet dan outlet dengan menambah bukaan outlet atau mengurangi luasan inlet sebesar 30,2 m². Salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan menggunakan *fan* dengan posisi yang dapat mendorong pergerakan angin pada *outlet* yang sesuai.

5.2. Saran

Penelitian ini masih belum sempurna karena keterbatasan waktu dan kemampuan. Namun, dari kesimpulan yang dihasilkan, didapat beberapa saran untuk peningkatan kenyamanan termal pada masjid ini. Pertama, dengan menambah peneduh pada sisi barat bangunan masjid untuk mengurangi radiasi pada sore hari atau dengan mengganti material teritis dari semula kaca menjadi material yang bersifat opaque. Kedua, meletakkan kipas pada posisi yang dapat mengarahkan pergerakan angin pada sisi timur dan selatan, sehingga penukaran udara pada sisi timur bangunan bertambah dan meningkatkan rasio inlet-outlet pada bukaan serta akhirnya, meningkatkan kecepatan angin yang masuk.

Jika penelitian ini dapat dilanjutkan di masa depan, akan lebih baik jika dapat dilakukan simulasi yang mengintegrasikan visualisasi pergerakan dan kecepatan angin, radiasi, dan kondisi termal dalam satu model agar hasil visualisasi yang didapat bisa lebih menyeluruh dan meminimalisasi adanya kesalahan teknis. Selain itu, sebaiknya dilakukan juga pengukuran langsung di objek pada bulan lainnya sehingga hasil pengukuran dapat merepresentasikan kondisi bangunan dalam setahun penuh.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2010. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc
- Butera, Frederico, et. al. (2014). *Sustainable Building Design for Tropical Climates*. Nairobi: UN-Habitat.
- Frick, H. (2011). *Ilmu Fisika Bangunan*. Yogyakarta
- H. Koch-Nielsen (2002). *Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates*, London: Earthscan.
- Koenigsberger, Ingersoll, Mayhew, & Szokolay. (1973). *Manual of Tropical Housing and Building Climatic Design*. Orient Longman.
- Latifah, Nur Laela, S.T. M.T. (2015). *Fisika Bangunan 1: Penghawaan Alami dan Penerangan Alami*. Griya Kreasi.
- Lechner, N. (2009). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta
- Szokolay. (1980). *Environmental Science Handbook*. London: The Construction Press.

Jurnal

- Abdullah, Othman, et. al. (2016). Defining Issue of Thermal Comfort Control through Urban Mosque Façade Design. ASEAN-Turkey ASLI (Annual Serial Landmark International) Conferences on Quality of Life.
- Azmi, Baharun, Arici, & Ibrahim. (2022). Improving Thermal Comfort in Mosques of Hot-Humid Climates Through Passive and Low Energy Design Strategies. hal 361-385. *Frontiers of Architectural Research* 12.
- Baharessa, Winandari, & Tundono. (2023). Penerapan Strategi Desain Pasif di Bangunan Pusat Kreatif. *Jurnal Arsitektur*. Vol. 7. No. 2. Hal 173-188.
- Calis, (2015). Thermal Comfort and Occupant Satisfaction of a Mosque in a Hot and Humid Climate. *Computing in Civil Engineering* (hal 139)
- Elber & Munawaroh. (2019). Penilaian Kenyamanan Termal pada Bangunan Perpustakaan Universitas Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Arsitektur*. Vol. 4 No. 1. Hal 85-98.
- Fawzy, Sudiby, & Paramita. (2021). Observation of Thermal Comfort Standards at the Gegerkalong KPAD Mosque, Bandung. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 738.
- Handoko. (2019). Prinsip Desain Arsitektur Bioklimatik pada Iklim Tropis. *Jurnal Arsitektur*. Vol. 6. No. 2. Hal 87-100.
- Laksana, P. & Sari, D. (2020). Optimization Building Performance in Early Design Stage Using Integrated Dynamic Model. *MODUL* vol 20 no.2, (hal. 151-156)
- Luther, M. & Ahmed, T. (2019). Revisiting the Comfort Parameters of ISO 7730: Measurement and Simulation. *Proceedings of Building Simulation*. (hal. 4267-4273). publications.ibpsa.org
- Lin, Hsin-Hung. (2019). Improvement of Human Thermal Comfort by Optimizing the Airflow Induced by a Ceiling Fan. *Sustainability*. Vol. 11. No. 12. Hal 1-17.
- Lin, Ni, Xiao, & Zhu. (2023). Couple Simulations with CFD and Ladybug Honeybee Tools for Green Façade Optimizing the Thermal Comfort in a Transitional Space in Hot-Humid Climate. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. Vol 22. No. 3. Hal 1317-1342.

- Lu, Siliang & Hameen, E. (2019). Simulation Study of Individual Thermal Comfort with the Integrated Personalized Fan and VAV System. Proceedings of the 16th Conference. Hal 732-738.
- Noman, Kamsah, & Kamar. (2016). Improvement of Thermal Comfort Inside a Mosque Building. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering). Vol 78. No 8-5. Hal 9-18.
- Nurazizah & Wibawa. (2020). Analisis Kenyamanan Termal Ruang Dosen Menggunakan CBE Thermal Comfort. Seminar Nasional Hasil Penelitian Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang
- Ninaputri & Nurjayanti. (2023). Evaluasi Kenyamanan Termal pada Masjid Sakinah di Perumahan Griya Sakinah. Seminar Ilmiah Arsitektur. Hal 249-254.
- Shohan, A. & Gadi, M. (2020). Evaluation of Thermal and Energy Performance in Mosque Buildings for Current Situation (Simulation Study) in Mountainous Climate of Abha City. Sustainability 4014.
- Suharjanto, G. (2013). Keterkaitan Tipologi dengan Fungsi dan Bentuk: Studi Kasus Bangunan Masjid. Vol. 4 No. 2. Hal 975-982. ComTech.
- Sukawi & Hardiman. (2014). Pengaruh Luas Bukaannya terhadap Kebutuhan Pertukaran Udara Bersih dalam Rumah Tinggal. MODUL. Vol. 14. No. 2. Hal 79-86.
- Sahabuddin, Hamzah, & Ihsan. (2014). Pengaliran Udara untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. Sinektika Vol. 14. No. 2. Hal 209-216
- Widyakusuma & Zainoeddin. (2021). Ruang Ibadah pada Bangunan Masjid Darul Ulum Pamulang Ditinjau dari Sisi Kenyamanan Termal. Fakultas Teknik Universitas Borobudur.

Internet

- D'Silva, A. (2024). Detailed Wind Analysis. Diakses tanggal 2024, dari <https://help.autodesk.com/en/articles/6932520>
- Guenther, S. (2024). What is PMV? What is PDD? The Basics of Thermal Comfort. Diakses tanggal 19 Maret, 2024, dari <https://www.simscale.com/blog/what-is-pmv-ppd/>
- Matland, H. (2024). The Technology Behind the Wind Analysis. Diakses tanggal 2024, dari <https://help.autodesk.com/en/articles/6994342-the-technology-behind-the-wind-analysis>
- RAD+ar (2020, Agustus 18). *Bioclimatic Community Mosque Pamulang*. Diakses tanggal 21 Maret, 2024, dari Archdaily: <https://www.archdaily.com/945843/bioclimatic-community-mosque-of-pamulang-rad-plus-ar-research-artistic-design-plus-architecture>
- Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T., Hoyt, T (2020). *CBE Thermal Comfort Tool : online tool for thermal comfort calculations and visualizations*. Diakses tanggal 28 Maret, 2024, dari <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100563>
<https://aece.in/sharing-posts/adaptive-thermal-comfort-in-sustainable-cooling-solutions/>