



# 3.2%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 16 JUL 2024, 10:19 AM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL 0.27%    ● CHANGED TEXT 2.92%    ● QUOTES 1.49%

## Report #22042387

BAB 1 PENDAHULUAN 1.1 Latar Belakang Masalah Di era perubahan iklim global saat ini, perhatian terhadap desain bangunan yang ramah lingkungan dan efisien secara energi semakin meningkat. Jakarta Selatan, sebagai bagian dari Indonesia yang beriklim tropis, sering mengalami kondisi cuaca panas dan lembab sepanjang tahun. Hal ini menimbulkan tantangan besar dalam menciptakan ruang yang nyaman di dalam bangunan, terutama ketika berbicara tentang bangunan-bangunan seperti masjid yang sering melayani masyarakat dalam aktivitas ibadah dan sosial sepanjang hari. Pendekatan passive cooling (pendingin pasif) seperti peran selubung bangunan, pemilihan material, desain fasad, ventilasi silang melalui perbedaan ketinggian lantai, ketinggian plafon, dsb. memainkan peran penting dalam menentukan sejauh mana bangunan dapat menciptakan kenyamanan termal yang optimal. Beberapa sumber dan jurnal ilmiah yang relevan telah mengangkat isu-isu terkait pengaruh rekayasa pendingin pasif terhadap kenyamanan termal dan efisiensi energi dalam bangunan. Misalnya, penelitian oleh Santamouris (2012) dalam penelitiannya pada jurnal "Energy and Buildings" mengulas tentang pendekatan pasif di dalam desain bangunan yang dapat membantu mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan, termasuk penggunaan ventilasi silang dan strategi pendinginan alami. Studi ini dapat memberikan dasar konseptual yang kuat untuk penelitian ini. Selain itu, buku "Passive and Low Energy Architecture" oleh Szokolay (2007) dalam penelitiannya yang mengulas tentang

berbagai aspek desain bangunan yang berfokus pada efisiensi energi seperti menerapkan pendekatan desain pasif, pemanfaatan cahaya, dan penghawaan alami dalam menciptakan kondisi termal yang nyaman dan berkelanjutan. Buku ini menyajikan prinsip-prinsip desain yang dapat diterapkan dalam konteks penelitian ini. Penelitian ini juga dapat merujuk pada penelitian terkini tentang efisiensi energi dan kenyamanan termal di bangunan berorientasi hijau di daerah tropis. Studi ini dapat memberikan wawasan tambahan tentang strategi desain yang dapat digunakan dalam proyek penelitian ini. Pada penelitian ini pemilihan masjid dalam konteks masjid sebagai tempat ibadah dan pusat kegiatan masyarakat di Indonesia, kenyamanan termal menjadi aspek yang sangat penting untuk diperhatikan. Kenyamanan termal merujuk pada kondisi suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara yang optimal bagi kenyamanan pengguna masjid selama beribadah atau melakukan aktivitas lainnya (Sangkertadi, 2013). Kurangnya kenyamanan termal dapat mengganggu konsentrasi dan khushyuk dalam beribadah, serta menimbulkan rasa tidak nyaman bagi jamaah. Oleh karena itu, penciptaan lingkungan termal yang nyaman di dalam masjid menjadi sebuah kebutuhan yang mendesak, tidak hanya untuk meningkatkan kualitas ibadah, tetapi juga untuk menjaga kesehatan dan kesejahteraan jamaah (Sulistiyo et al., 2017). Dengan memperhatikan aspek kenyamanan termal, masjid dapat menjadi tempat yang lebih kondusif untuk beribadah, belajar, dan

bersosialisasi, serta mencerminkan komitmen umat Muslim Indonesia dalam menciptakan lingkungan yang ramah dan nyaman bagi semua jamaah. Studi kasus yang akan dilakukan di Masjid Jami' Al Hurriyah Jakarta Selatan menjadi relevan mengingat keberadaan masjid sebagai pusat aktivitas sosial dan ibadah yang sering berlangsung sepanjang hari, termasuk selama cuaca panas tropis. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana dan seberapa besar rekayasa desain pendingin pasif dapat memengaruhi kenyamanan termal di dalam masjid ini. Demikian pula dengan Masjid Jami Al-Hurriyah yang juga menerapkan 1 desain rekayasa fasade dengan penggunaan louver vertikal sebagai selubung bangunan dan leveling lantai pada bagian dalam ruang dengan menerapkan penggunaan material kisi-kisi kayu pada selubungnya yang tidak hanya menambah estetika bangunan, tetapi juga berfungsi sebagai elemen penting dengan tujuan untuk mendapatkan kenyamanan termal serta meningkatkan efisiensi energi. Upaya tersebut tentunya tidak murah dan membutuhkan perawatan khusus. Dengan demikian, menarik untuk dikaji lebih lanjut apakah upaya yang dilakukan benar-benar dapat memengaruhi kenyamanan termal di dalam Masjid Jami Al Hurriyah.

Gambar 1.1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: pribadi (2024) Pengujian kenyamanan termal pada ruang-ruang masjid menjadi aspek yang perlu dilakukan untuk menilai kenyamanan termal yang dirasakan oleh jamaah dan pengunjung di Masjid Jami' Al Hurriyah Jakarta Selatan. Dalam kontek

s ini, objek penelitian difokuskan pada pengukuran kenyamanan termal di dalam masjid yang sering kali menjadi pusat aktivitas sosial dan ibadah. Selama penelitian, perbandingan akan dilakukan antara kondisi suhu yang tercatat di lapangan dengan hasil perhitungan indeks PMV (Predicted Mean Vote) sesuai dengan standar ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). ASHRAE telah lama menjadi panduan dalam mengevaluasi kenyamanan termal di berbagai tipe bangunan, termasuk bangunan berfungsi sebagai tempat ibadah seperti masjid. Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin, dan radian. Suhu udara diukur untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kenyamanan termal jamaah. Kelembaban udara, yang juga berpengaruh terhadap kenyamanan termal, diukur sebagai bagian dari penelitian ini. Kecepatan angin di dalam masjid, yang dapat mempengaruhi persepsi kenyamanan termal, terutama dalam konteks ventilasi, juga diukur. Selain itu, indeks PMV digunakan untuk mengukur tingkat kenyamanan termal berdasarkan standar ASHRAE.

### 1.2 Rumusan Masalah Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis merumuskan permasalahan pokok untuk mengarahkan fokus penelitian dan mengatur batasan permasalahan, yaitu: Seberapa besar pengaruh upaya yang dilakukan melalui 2 penggunaan pendekatan passive cooling dapat memengaruhi kenyamanan termal di dalam Masjid Jami' Al Hurriyah Jakarta Selatan.

### 1.3 Tujuan Penelitian Tujuan

penelitian ini adalah untuk mencari tahu seberapa berpengaruh pendekatan passive cooling dan hubungannya dengan faktor-faktor lain terhadap kenyamanan termal di Masjid Jami Al-Hurriyah. 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah manfaat yang signifikan, baik bagi pemahaman teoritis dalam bidang arsitektur dan rekayasa bangunan, maupun dalam konteks praktis pengelolaan masjid di daerah tropis. 22 Manfaat utama dari

penelitian ini adalah sebagai berikut: 1.4 1 Manfaat Teoritis Penelitian ini

akan memberikan kontribusi teoritis dalam bidang arsitektur dan rekayasa bangunan, terutama dalam konteks desain bangunan berkelanjutan dan efisiensi energi. Manfaat teoritis meliputi: 1. Pengayaan Literatur:

Menambahkan literatur ilmiah tentang pengaruh strategi pendekatan passive cooling dan faktor kenyamanan termal dalam mencapai kenyamanan termal di lingkungan tropis, dengan fokus pada bangunan masjid. 2. Pemahaman

Faktor-Faktor Pengaruh: Mengidentifikasi faktor-faktor yang paling signifikan dalam mencapai kenyamanan termal dalam konteks masjid, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pemahaman untuk penelitian lebih lanjut. 1.4.2

Manfaat Praktis Selain manfaat teoritis, penelitian ini juga akan

memberikan manfaat praktis yang dapat diterapkan dalam pengelolaan dan perancangan bangunan, khususnya masjid di lingkungan tropis seperti Jakarta Selatan. Manfaat praktis termasuk: 1. Referensi Rekayasa Desain Bangunan:

Memberikan referensi praktis kepada perancang bangunan dan pemilik masjid dalam merancang dan memodifikasi bangunan untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal dengan pendekatan berkelanjutan. 2. Efisiensi Energi:

Meningkatkan efisiensi energi di dalam masjid dengan merancang rekayasa desain bangunan melalui pendekatan kenyamanan termal yang efisien, sehingga dapat mengurangi biaya energi dan dampak negatif pada lingkungan. 3.

Kualitas Pengalaman Jamaah: Meningkatkan pengalaman jamaah dan pengunjung di dalam masjid dengan menciptakan lingkungan yang nyaman, yang dapat meningkatkan kehadiran dan partisipasi dalam aktivitas keagamaan dan sosial. Dengan tujuan ini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan

wawasan yang mendalam tentang bagaimana desain bangunan dapat memengaruhi

wawasan yang mendalam tentang bagaimana desain bangunan dapat memengaruhi

kondisi termal dalam konteks masjid tropis, serta implikasi terhadap pengalaman jamaah dan efisiensi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi perancang bangunan dan 3 pemilik masjid dalam menciptakan ruang yang nyaman dan berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam pengembangan arsitektur berkelanjutan, pengelolaan energi, dan kenyamanan termal dalam masjid, serta menjadi kontribusi yang berharga dalam pemahaman terkait dengan desain bangunan tropis.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat oleh penulis menjadi beberapa bagian untuk mempermudah pemahaman selama proses penyusunan penelitian. Dalam sistematika penelitian berikut terdapat beberapa bab seperti pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta penutup. Adapun uraian dari Sistematika Penelitian sebagai berikut:

**BAB 1: Pendahuluan** Bab pendahuluan merupakan penjelasan mengenai uraian yang terdapat pada bab 1 dan berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Dalam proses penyusunannya, latar belakang penelitian diawali dengan isu dan objek yang akan diangkat dalam penelitian yang kemudian dirumuskan menjadi permasalahan berupa pertanyaan. Selanjutnya, ditutup dengan tujuan dan manfaat penelitian sebagai upaya tolok ukur keberhasilan berupa signifikansi dari rumusan masalah.

**BAB 2: Tinjauan Pustaka** Bab tinjauan pustaka merupakan pembahasan dan pemahaman dari teori- teori yang digunakan penulis sebagai acuan selama penyusunan skripsi. Adapun pembahasan yang digunakan seperti teori mengenai selubung bangunan, teori mengenai kenyamanan termal, dan pembahasan penelitian terdahulu.

**BAB 3: Metode Penelitian** Pada bab ini peneliti menjelaskan tentang identitas penelitian seperti lokasi objek yang akan menjadi tempat penelitian. Selanjutnya, pada bab ini juga membahas bagaimana metode penelitian yang akan dilakukan selama proses pengerjaan penelitian ini, seperti metode penggunaan alat ukur secara langsung di objek penelitian, kemudian metode pengolahan data melalui simulasi komputer.

**BAB 4: Hasil dan Pembahasan** Bab ini merupakan hasil dari analisis yang

menjadi pembahasan utama dalam penelitian ini. Menggunakan metode-metode yang menjadi acuan pada bab 3, penelitian mengemukakan hasil dari pengamatan objek secara langsung, pengukuran menggunakan alat ukur, dan simulasi komputer serta tinjauan kenyamanan berdasarkan acuan dan metode PMV dan PPD. BAB 5: Penutup Bab penutup ini merupakan kesimpulan dari penulis selama menjalankan proses penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan tersebut bersifat obyektif dan relevan berdasarkan hasil yang telah didapatkan. Pada bab ini juga penulis memberikan beberapa saran sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam ruang lingkup penelitian serupa.

#### 4 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal adalah salah satu aspek penting dalam kualitas lingkungan interior dan eksterior. Hal ini merujuk pada tingkat kenyamanan yang dirasakan oleh individu dalam hubungannya dengan suhu, kelembaban, kecepatan udara, dan radiasi panas atau dingin di sekitarnya. Kenyamanan termal juga merujuk pada kondisi yang menyatakan kepuasan terhadap lingkungan termal sekitar. Pada dasarnya, pemahaman mendalam tentang kenyamanan termal menjadi krusial dalam perencanaan dan desain bangunan, terutama dalam iklim yang berbeda-beda di seluruh dunia (Pereira, 2020). Kenyamanan termal ini merupakan faktor penting dalam penelitian arsitektur dan desain lingkungan, karena berpengaruh langsung terhadap produktivitas dan kesejahteraan penghuni. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi termal. Selain itu, karakteristik individu seperti pakaian dan tingkat aktivitas juga mempengaruhi persepsi kenyamanan termal (Law, 2013). Dalam tinjauan literatur mengenai kenyamanan termal, ada dua pendekatan utama terhadap merasakan kenyamanan termal, yaitu pendekatan rasional dan adaptif. Pendekatan rasional berfokus pada pertukaran panas antara tubuh manusia dan lingkungannya, sementara pendekatan adaptif mempertimbangkan bagaimana manusia secara aktif menyesuaikan diri dengan lingkungan mereka. Sebuah studi oleh Tim Law (2013) menunjukkan bahwa biaya energi untuk ruang kantor tidak signifikan dibandingkan dengan biaya tenaga kerja. Dalam

konteks ini, kenyamanan termal menjadi penting karena dapat mempengaruhi produktivitas pekerja. Studi ini menunjukkan bahwa bangunan kantor rata-rata di Singapura menggunakan 49% energinya untuk pendingin udara dan 14% lagi untuk ventilasi mekanis. Studi lain oleh Pedro Filipe da Conceição Pereira dan rekan-rekan (2020) menunjukkan bahwa model rata-rata yang diprediksi (PMV) adalah model yang paling banyak digunakan di seluruh dunia untuk menilai kenyamanan termal di lingkungan dalam ruangan. Literatur ini memberikan studi kasus mengenai lingkungan rumah sakit yang baik bagi profesional dan pasien sangat penting, dan lebih banyak penelitian diperlukan dalam hal ini. Berdasarkan tinjauan literatur, konsep kenyamanan termal pertama kali diajukan oleh Fanger (1970), yang mengembangkan model kenyamanan termal yang dikenal sebagai "indeks suhu kulit. Model ini mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan udara, aktivitas fisik, dan pakaian yang digunakan oleh individu. Indeks suhu kulit ini memberikan pandangan yang lebih holistik tentang kenyamanan termal daripada hanya mempertimbangkan suhu udara saja. Selain itu, adaptasi termal juga menjadi faktor penting dalam pemahaman kenyamanan termal. Individu memiliki tingkat toleransi yang berbeda terhadap perubahan suhu dan kondisi lingkungan. Ini tergantung pada berbagai faktor seperti usia, jenis kelamin, tingkat kebugaran fisik, dan pengalaman sebelumnya. Penelitian oleh de Dear dan Brager (1998) menggarisbawahi pentingnya adaptasi termal dalam pengalaman kenyamanan termal, dan mereka memperkenalkan konsep "zona kenyamanan" yang menunjukkan bahwa individu dapat merasa nyaman dalam rentang tertentu dalam kondisi suhu dan kelembaban tertentu. Faktor-faktor psikologis juga memengaruhi persepsi kenyamanan termal. Studi oleh Nikolopoulou dan Steemers (2003) mengemukakan bahwa aspek-aspek 5 seperti kontrol individu terhadap lingkungan termal, preferensi pribadi, dan persepsi terhadap keamanan juga berperan dalam penilaian kenyamanan termal. Saat ini, dengan perubahan iklim global yang semakin terasa, penelitian tentang kenyamanan termal juga berkembang pesat dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Penelitian

oleh Givoni (1998) mencatat bahwa desain bangunan yang memperhatikan prinsip-prinsip kenyamanan termal dapat mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan dan pemanasan, sehingga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa pengertian kenyamanan termal secara singkat merujuk pada tingkat kenyamanan yang dirasakan individu terkait kondisi termal lingkungan sekitarnya, seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi panas atau dingin. Kenyamanan termal dapat tercapai dengan memperhatikan berbagai faktor. Pertama, faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi termal perlu diatur pada tingkat yang nyaman bagi penghuni. **14** Hal ini dapat dilakukan melalui sistem pendingin udara, ventilasi, pemanas, serta desain bangunan yang mempertimbangkan aspek-aspek tersebut. Kedua, karakteristik individu seperti pakaian yang dikenakan dan tingkat aktivitas penghuni juga harus diperhatikan. Selain itu, penting untuk memberikan kontrol individu atas lingkungan termal di sekitarnya. Selanjutnya, pendekatan adaptif dapat diterapkan dengan memungkinkan penghuni untuk beradaptasi secara alami dengan kondisi lingkungan termal melalui desain bangunan yang fleksibel dan optimalisasi ventilasi alami. Terakhir, prinsip-prinsip keberlanjutan perlu diintegrasikan dengan merancang bangunan yang mempertimbangkan aspek kenyamanan termal untuk mengurangi kebutuhan energi pendinginan dan pemanasan, serta memanfaatkan sumber energi terbarukan dan material ramah lingkungan. Dalam konteks penelitian ini, pemahaman yang komprehensif tentang kenyamanan termal akan menjadi dasar untuk mengevaluasi dan merancang sistem yang efisien dan ramah lingkungan. Tinjauan literatur ini memberikan landasan yang kuat untuk menyelidiki aspek-aspek yang lebih mendalam dalam penelitian ini, seperti pengaruh adaptasi termal terhadap persepsi kenyamanan termal dan upaya-upaya untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip kenyamanan termal dalam desain bangunan yang berkelanjutan.

### 2.2 Faktor Kenyamanan Termal

Indeks Kenyamanan Termal adalah ukuran yang digunakan untuk menilai sejauh mana kondisi lingkungan termal memenuhi kenyamanan manusia. **19** Indeks ini mencakup berbagai faktor seperti

suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Salah satu indeks yang sering digunakan adalah Indeks Kenyamanan Termal Standar Efektif (SET), yang menggabungkan semua faktor ini untuk memberikan gambaran tentang persepsi manusia terhadap kenyamanan termal (Rendy Kurnia, 2010). SET mengukur suhu setara di mana seorang individu akan merasa sama nyamannya di lingkungan dengan kelembaban dan kecepatan angin yang konstan. Indeks ini sangat berguna dalam penelitian tentang efek perubahan iklim pada kenyamanan manusia, serta dalam desain bangunan dan ruang publik untuk memastikan kenyamanan penghuninya (Aprihatmoko, 2014). Menurut ASHRAE-55 2017, kondisi termal yang dianggap nyaman berada dalam rentang PMV antara -0,5 hingga +0,5. Standar ini juga menetapkan rentang suhu operatif yang nyaman untuk musim panas berkisar antara 23°C hingga 27°C dengan kelembaban relatif 30% hingga 60%. Sementara untuk musim dingin, rentang suhu operatif nyaman adalah 20°C hingga 24°C dengan kelembaban relatif hingga 60%. Suhu operatif merupakan kombinasi dari suhu udara dan suhu 6 radiasi rata-rata yang diterima oleh tubuh manusia. Rentang ini dianggap dapat memberikan kenyamanan termal yang optimal bagi sebagian besar orang dengan pakaian tipikal (ASHRAE, 2017). Namun, perlu diingat bahwa persepsi kenyamanan termal juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti aktivitas fisik, pakaian, dan adaptasi termal. Studi oleh Feriadi dan Wong (2004) menemukan bahwa orang-orang di daerah tropis dapat merasa nyaman pada suhu operatif yang lebih tinggi, mencapai 28,5°C dengan kelembaban relatif 60%. Hal ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan konteks iklim dan adaptasi termal dalam menentukan standar kenyamanan termal. Selain suhu dan kelembaban, kecepatan angin juga berpengaruh pada kenyamanan termal. Standar ISO 7730:2005 merekomendasikan kecepatan angin di bawah 0,2 m/s untuk memastikan kenyamanan termal (ISO, 2005). Kecepatan angin yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan karena peningkatan perpindahan panas konveksi dari tubuh. Namun, kecepatan angin yang rendah juga penting untuk mencegah stagnasi udara dan akumulasi polutan di dalam ruangan.

Studi oleh Schiavon dan Melikov (2008) menunjukkan bahwa preferensi kecepatan angin dapat bervariasi tergantung pada suhu operatif. Pada suhu operatif yang lebih tinggi, orang cenderung lebih menyukai kecepatan angin yang lebih tinggi untuk meningkatkan penguapan dan perpindahan panas dari tubuh. a. Temperatur Udara Temperatur udara merupakan salah satu faktor kunci dalam menentukan kenyamanan termal manusia. Menurut ASHRAE Standard 55- 2017, rentang suhu operatif nyaman untuk musim panas adalah 23°C hingga 27°C dengan kelembaban relatif 30% hingga 60%. Sementara untuk musim dingin, rentang suhu operatif nyaman adalah 20°C hingga 24°C dengan kelembaban relatif hingga 60%. Namun, standar ini dikembangkan terutama untuk iklim sub-tropis, sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi iklim dan budaya di wilayah lain. Dalam konteks iklim tropis lembab Indonesia, beberapa penelitian menunjukkan bahwa rentang suhu nyaman sedikit berbeda. Buku Fisika Bangunan oleh Satwiko (2009) menyebutkan bahwa orang Indonesia cenderung merasa nyaman pada suhu udara sekitar 25°C hingga 28°C untuk musim panas. Hal ini disebabkan oleh adaptasi termal dan preferensi termal masyarakat Indonesia yang sudah terbiasa dengan iklim tropis. Studi lapangan oleh Sumardianto dkk. (2016) pada rumah tinggal sederhana di daerah tropis lembab menemukan bahwa pada musim kemarau, suhu udara dan temperatur radiasi rata-rata sering melebihi batas atas kenyamanan menurut ASHRAE. Sementara pada musim penghujan, kelembaban udara yang tinggi justru menjadi faktor yang menyebabkan ketidaknyamanan. Penelitian lain oleh Setyowati dkk. (2017) pada ruang kelas berpendinghawaan buatan di kampus IPB Dramaga menggunakan standar ASHRAE 55-2013 sebagai acuan. Mereka menemukan bahwa meskipun suhu udara telah memenuhi standar, faktor kelembaban udara yang terlalu rendah dan preferensi individu penghuni dapat menyebabkan ketidaknyamanan. b. Kecepatan Aliran Udara Kecepatan aliran udara merupakan faktor penting dalam menentukan kenyamanan termal dan efektivitas penghawaan alami dalam suatu bangunan. **1** Standar ASHRAE 55-2017 menyatakan bahwa kecepatan udara yang 7 direkomendasikan untuk ruangan

ber-AC adalah kurang dari 0,2 m/s. Sementara itu, SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung menganjurkan kecepatan udara maksimum 0,25 m/s untuk ruangan tanpa penghawaan mekanis (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001).

Satwiko (2009) menjelaskan bahwa kecepatan udara yang terlalu tinggi dapat menimbulkan ketidaknyamanan termal dan kesehatan bagi penghuni bangunan. Kecepatan udara yang terlalu rendah dapat menyebabkan kurangnya pergerakan udara yang diperlukan untuk penguapan keringat, sehingga tubuh merasa lebih panas dan lembab (Satwiko, 2009). Sebaliknya, kecepatan udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal seperti mata perih, hidung tersumbat, dan iritasi pada kulit (Arundel et al., 1986; Satwiko, 2009). Dalam kasus penghawaan alami, kecepatan udara yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan masuknya polutan udara dari luar bangunan, seperti debu dan asap (Satwiko, 2009). Satwiko (2009) menekankan pentingnya pengendalian kecepatan udara yang tepat untuk menciptakan kenyamanan termal dan kesehatan bagi penghuni bangunan. Dalam konteks penghawaan alami, pengendalian kecepatan udara dapat dilakukan dengan merancang bukaan ventilasi yang tepat, mengatur posisi dan ukuran bukaan, serta memanfaatkan elemen bangunan seperti sun shading dan vegetasi untuk mengontrol aliran udara (Satwiko, 2009). Selain itu, kecepatan udara juga berperan penting dalam efektivitas pendinginan evaporatif pada penghawaan alami. Kecepatan udara yang cukup diperlukan untuk meningkatkan penguapan keringat dari tubuh, sehingga memberikan efek pendinginan (Satwiko, 2009). Namun, kecepatan udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pendinginan yang berlebihan dan ketidaknyamanan termal (ASHRAE, 2017; Satwiko, 2009). c. Kelembaban Udara Kelembaban udara merupakan salah satu faktor penting dalam mencapai kenyamanan termal dan penghawaan alami yang optimal. Standar ASHRAE 55-2017 menyatakan bahwa kelembaban udara relatif (RH) yang direkomendasikan untuk ruangan ber-AC adalah antara 30% hingga 60%. **1 2 7** Sementara itu, SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada

Bangunan Gedung menganjurkan kisaran RH yang lebih sempit, yaitu 40% hingga 50% (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2001). Satwiko (2009) menjelaskan bahwa kisaran kelembaban yang direkomendasikan oleh ASHRAE 55 dan SNI ini bertujuan untuk mencapai kenyamanan termal dan kesehatan bagi penghuni bangunan.

**11** Kelembaban udara yang terlalu rendah dapat menyebabkan masalah seperti iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, serta meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan (Arundel et al., 1986; Reinikainen & Jaakkola, 2003). Selain itu, kelembaban udara yang rendah juga dapat mengurangi kenyamanan termal karena meningkatkan evaporasi keringat dari tubuh, sehingga tubuh merasa lebih dingin (Fang et al., 2004; Satwiko, 2009). Di sisi lain, kelembaban yang terlalu tinggi dapat mendorong pertumbuhan jamur dan bakteri, yang dapat memicu masalah kesehatan seperti asma, alergi, dan infeksi paru-paru (World Health Organization [WHO], 2009). Kelembaban yang tinggi juga dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal karena menghambat penguapan keringat dari tubuh, sehingga tubuh merasa lebih panas dan lembab (Toftum et al., 1998; Satwiko, 2009). Dalam konteks penghawaan alami, kelembaban udara yang tidak terkendali dapat mengurangi efektivitas ventilasi alami dalam menciptakan kenyamanan termal. Udara luar dengan kelembaban tinggi yang masuk ke dalam bangunan melalui ventilasi alami dapat meningkatkan beban pendinginan dan menyebabkan ketidaknyamanan termal (Satwiko, 2009). Sebaliknya, udara luar dengan kelembaban rendah yang masuk ke dalam bangunan dapat menyebabkan kekeringan yang berlebihan dan meningkatkan risiko masalah kesehatan yang terkait dengan kelembaban rendah (Arundel et al., 1986; Satwiko, 2009). Untuk mempertahankan kelembaban udara pada tingkat yang nyaman, diperlukan sistem pengendalian kelembaban seperti humidifier atau dehumidifier. Satwiko (2009) menekankan pentingnya pemilihan dan pengoperasian sistem pengendalian kelembaban yang tepat untuk menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman bagi penghuni bangunan. Sistem ini juga harus diintegrasikan dengan sistem penghawaan alami dan pendinginan ruangan untuk memastikan efisiensi energi dan kinerja optimal. Dalam perancangan bangunan yang memanfaatkan

penghawaan alami, pertimbangan kelembaban udara menjadi sangat penting untuk memastikan kenyamanan termal dan kesehatan penghuni. d. Temperatur Radian Temperatur radian merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan termal dan efektivitas penghawaan alami dalam suatu bangunan. Temperatur radian mengacu pada temperatur rata-rata dari permukaan benda padat di sekitar suatu ruangan, seperti dinding, lantai, langit-langit, dan perabotan (Satwiko, 2009). Temperatur radian ini berkontribusi terhadap perpindahan panas melalui radiasi antara tubuh manusia dan lingkungan sekitarnya. Satwiko (2009) menjelaskan bahwa temperatur radian yang lebih tinggi atau lebih rendah dari temperatur udara dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal. Jika temperatur radian lebih tinggi dari temperatur udara, tubuh manusia akan menerima lebih banyak radiasi panas dari lingkungan sekitarnya, sehingga merasa lebih panas dan tidak nyaman. Sebaliknya, jika temperatur radian lebih rendah dari temperatur udara, tubuh manusia akan melepaskan lebih banyak panas melalui radiasi, sehingga merasa lebih dingin dan tidak nyaman. Dalam konteks penghawaan alami, temperatur radian memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas pendinginan melalui ventilasi alami. Jika temperatur radian tinggi, aliran udara yang masuk ke dalam bangunan melalui ventilasi alami akan mengalami pemanasan dari permukaan benda padat di sekitarnya, sehingga mengurangi efek pendinginan (Satwiko, 2009). Sebaliknya, jika temperatur radian rendah, aliran udara yang masuk ke dalam bangunan akan mengalami pendinginan, sehingga meningkatkan efek pendinginan. Untuk mencapai kenyamanan termal dan optimalisasi penghawaan alami, penting untuk mempertimbangkan temperatur radian dan memastikan bahwa temperatur radian berada dalam rentang yang nyaman dan sesuai dengan temperatur udara. Satwiko (2009) menyarankan beberapa strategi untuk mengendalikan temperatur radian, seperti: a. Insulasi termal pada dinding, lantai, dan atap untuk mencegah perpindahan panas berlebihan dari luar ke dalam bangunan. b. Penggunaan material dengan massa termal yang tinggi, seperti beton atau batu bata, pada kondisi wilayah yang dingin untuk menyerap

dan melepaskan panas secara perlahan, sehingga mengurangi fluktuasi temperatur radian. c. Pemanfaatan elemen pembayangan, seperti sun shading atau vegetasi, untuk mengurangi radiasi matahari langsung yang masuk ke dalam bangunan. 9 d. Penggunaan permukaan berwarna terang atau reflektif untuk memantulkan radiasi matahari dan menurunkan temperatur radian. Dalam perancangan bangunan yang memanfaatkan penghawaan alami, pertimbangan temperatur radian menjadi sangat penting untuk memastikan kenyamanan termal dan kesehatan penghuni, serta efisiensi energi bangunan (Satwiko, 2009).

Pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi temperatur radian, seperti orientasi bangunan, material bangunan, dan elemen pembayangan, sangat penting untuk optimalisasi kenyamanan termal dan penghawaan alami. e.

Insulan Pakaian Kelembaban udara merupakan salah satu faktor penting dalam mencapai kenyamanan termal dan penghawaan alami yang optimal.

6 Standar ASHRAE

55-2017 menyatakan bahwa kelembaban udara relatif (RH) yang

direkomendasikan untuk ruangan ber-AC adalah antara 30% hingga 60% (

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2017).

10 21 Insulasi pakaian merupakan salah satu faktor penting yang

mempengaruhi kenyamanan termal manusia. Insulasi pakaian mengacu pada kemampuan

pakaian untuk mengisolasi tubuh dari lingkungan sekitarnya, sehingga

mengurangi perpindahan panas antara tubuh dan lingkungan (Satwiko, 2009).

Semakin tinggi insulasi pakaian, semakin besar hambatan terhadap

perpindahan panas, sehingga tubuh merasa lebih hangat. Satwiko (2009)

menjelaskan bahwa insulasi pakaian dipengaruhi oleh beberapa faktor,

seperti jenis bahan, ketebalan, warna, dan desain pakaian. Pakaian yang

terbuat dari bahan alami seperti katun atau wol cenderung memiliki

insulasi yang lebih baik dibandingkan dengan bahan sintetis seperti

poliester. Pakaian yang lebih tebal dan berlapis-lapis juga memiliki

insulasi yang lebih tinggi. 17 Warna pakaian yang gelap cenderung menyerap

lebih banyak panas dari radiasi matahari, sehingga mengurangi insulasi pakaian. Dalam

konteks kenyamanan termal, insulasi pakaian berperan penting dalam menjaga

keseimbangan panas tubuh manusia. Ketika suhu lingkungan rendah, tubuh

memerlukan insulasi pakaian yang lebih tinggi untuk mencegah kehilangan panas berlebihan. Sebaliknya, ketika suhu lingkungan tinggi, tubuh memerlukan insulasi pakaian yang lebih rendah untuk memfasilitasi pelepasan panas melalui penguapan keringat (ASHRAE, 2017). Clo (clothing insulation) adalah satuan yang digunakan untuk mengukur insulasi termal yang disediakan oleh pakaian yang dikenakan seseorang. Satu clo setara dengan insulasi yang diberikan oleh pakaian yang akan membuat seseorang merasa nyaman pada suhu 21°C, dengan kelembaban relatif 50%, angin diam, dan berada dalam kondisi metabolisme sedang (Satwiko, 2009). Tabel 2.1 Nilai Insulan Pakaian Pakaian Nilai Clo

Pakaian	Nilai Clo
Telanjang	0,0
Celana pendek ringan	0,1
Kemeja ringan	0,25
Celana panjang ringan	0,25
Kaus kaki dan sepatu	0,03
Pakaian dalam	0,04
Kaus oblong	0,25
10 Celana panjang katun	0,25
Sweater katun	0,36
Jas ringan	0,36
Mantel katun tebal	1,0
Mantel musim dingin	1,5

Sumber: ASHRAE-55 (2017) Nilai clo menunjukkan seberapa besar hambatan termal yang diberikan oleh pakaian terhadap perpindahan panas dari tubuh ke lingkungan sekitarnya. Semakin tinggi nilai clo, semakin besar insulasi yang diberikan oleh pakaian, sehingga tubuh akan merasa lebih hangat (ASHRAE, 2017). Misalnya, dalam iklim panas dan lembab, nilai clo yang rendah (kurang dari 0,5 clo) akan lebih nyaman karena memfasilitasi pelepasan panas tubuh melalui penguapan keringat. Sebaliknya, dalam iklim dingin, nilai clo yang lebih tinggi (lebih dari 1,0 clo) akan lebih nyaman untuk menjaga tubuh tetap hangat (ASHRAE, 2017). f. Tingkat Metabolisme (Aktivitas Fisik) Tingkat metabolisme atau laju metabolisme basal (BMR) adalah jumlah energi yang digunakan oleh tubuh dalam kondisi istirahat untuk mempertahankan fungsi-fungsi dasar seperti pernapasan, sirkulasi darah, dan pengaturan suhu tubuh.

**10 20** Tingkat metabolisme atau aktivitas fisik merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan termal manusia. Aktivitas fisik menghasilkan panas metabolik yang dihasilkan oleh tubuh manusia selama melakukan kegiatan tertentu (Satwiko, 2009). Panas metabolik ini berkontribusi terhadap keseimbangan termal tubuh dan mempengaruhi persepsi

kenyamanan termal individu. Semakin berat aktivitas fisik yang dilakukan, semakin tinggi pula panas metabolik yang dihasilkan, sehingga toleransi terhadap suhu lingkungan yang lebih hangat akan meningkat (Fanger, 1970). Hal ini sejalan dengan hasil ASHRAE-55 (2017) yang menyatakan bahwa tingkat metabolisme manusia berkisar antara 0,8 met untuk istirahat (duduk santai) hingga lebih dari 6,0 met untuk aktivitas fisik berat (seperti berlari). Dalam kondisi metabolisme rendah, seperti saat duduk atau beristirahat, tubuh manusia menghasilkan panas dalam jumlah yang relatif kecil (Satwiko, 2009). Oleh karena itu, dalam situasi ini, diperlukan insulasi pakaian yang lebih tinggi atau suhu udara yang lebih hangat untuk mencegah tubuh kehilangan panas secara berlebihan. Sebaliknya, dalam kondisi metabolisme tinggi, seperti saat bekerja berat atau berolahraga, tubuh manusia menghasilkan panas dalam jumlah yang lebih besar (Satwiko, 2009). Dalam situasi ini, diperlukan insulasi pakaian yang lebih rendah atau suhu udara yang lebih dingin untuk memfasilitasi pelepasan panas tubuh melalui penguapan keringat. 11 Dalam perancangan bangunan dan sistem penghawaan, tingkat metabolisme menjadi salah satu pertimbangan penting. Satwiko (2009) menyarankan untuk memperkirakan tingkat metabolisme rata-rata penghuni bangunan berdasarkan jenis aktivitas yang dilakukan. Misalnya, dalam gedung perkantoran, tingkat metabolisme rata-rata dapat diasumsikan sebagai aktivitas ringan (1,0 - 1,3 met), sedangkan dalam gedung olahraga, tingkat metabolisme rata-rata dapat diasumsikan sebagai aktivitas berat (2,0 - 3,0 met) (ASHRAE, 2017). Tabel 2.2 Nilai Metabolisme Aktivitas Nilai Met Tidur 0,7 Duduk tenang 1,0 Aktivitas ringan (kantor, sekolah, rumah) 1,2 Berdiri ringan (mengajar, berdiri santai) 1,4 Aktivitas sedang (toko, pabrik ringan) 1,7 Berjalan kecepatan 3 km/jam 2,0 Aktivitas berat (konstruksi, pertanian) 2,4 Olahraga ringan 3,0 Olahraga berat 4,0 Sumber: ASHRAE-55 (2017)

Tingkat metabolisme yang tidak sesuai dengan kondisi lingkungan termal dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan masalah kesehatan. Dalam jurnal public health Kovats dan Hajat (2008) menyatakan metabolisme tinggi dalam

lingkungan panas dapat menyebabkan kelelahan, dehidrasi, dan bahkan penyakit terkait panas seperti heat stroke. Sebaliknya, metabolisme rendah dalam lingkungan dingin dapat menyebabkan hipotermia dan masalah kesehatan lainnya.

### 2.3 Indeks Kenyamanan Termal

Indeks kenyamanan termal merupakan salah satu aspek penting dalam merancang lingkungan binaan yang nyaman dan sehat bagi manusia. Konsep ini didasarkan pada prinsip keseimbangan panas tubuh manusia, di mana tubuh manusia harus mempertahankan suhu inti yang relatif konstan sekitar 37°C (Fanger, 1970). Ketika tubuh menerima atau melepaskan panas berlebihan, akan terjadi kondisi tidak nyaman yang dapat mengganggu kinerja dan kesehatan.

13 Terdapat dua model utama yang digunakan untuk mengevaluasi kenyamanan termal, yaitu model Predicted Mean Vote (PMV) dan model Adaptive Thermal Comfort (ATC). Model PMV, yang dikembangkan oleh P.O. Fanger, merupakan model yang bersifat statis dan digunakan untuk lingkungan termal yang terkendali, seperti gedung perkantoran dan rumah tinggal dengan sistem pendingin atau pemanas ruangan (Fanger, 1970). Model ini mempertimbangkan empat faktor lingkungan (suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi termal) serta dua faktor individu (metabolisme dan insulasi pakaian) untuk memprediksi tingkat kenyamanan termal berdasarkan skala sensasi termal tujuh poin. Di sisi lain, model ATC dikembangkan untuk lingkungan termal yang tidak terkendali, seperti bangunan alami atau bangunan dengan ventilasi alami (de Dear & Brager, 1998). Model ini berasumsi bahwa manusia memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap kondisi termal lingkungan melalui penyesuaian perilaku, pakaian, dan ekspektasi. Model ATC mempertimbangkan faktor iklim dan memungkinkan ambang batas kenyamanan termal yang lebih luas dibandingkan model PMV. Selain kedua model utama tersebut, terdapat juga indeks kenyamanan termal lainnya seperti Effective Temperature (ET), Standard Effective Temperature (SET), Physiological Equivalent Temperature (PET), dan Universal Thermal Climate Index (UTCI) (Blazejczyk et al., 2012). Indeks-indeks ini dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor spesifik seperti aktivitas

fisik, jenis pakaian, dan kondisi lingkungan tertentu. Rekayasa desain pasif merupakan pendekatan dalam arsitektur yang memanfaatkan kondisi iklim dan unsur alam untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan efisien dalam penggunaan energi.

2.3.1. PMV (Predicted Mean Vote) Predicted Mean Vote (PMV) merupakan model yang dikembangkan oleh P.O. Fanger pada tahun 1970 untuk mengevaluasi kenyamanan termal dalam lingkungan binaan yang terkondisi (Fanger, 1970). PMV menjadi salah satu model utama yang digunakan secara luas dalam merancang sistem pendingin ruangan dan ventilasi untuk menciptakan lingkungan termal yang nyaman bagi penghuni. Model ini didasarkan pada prinsip keseimbangan panas tubuh manusia dan mengintegrasikan faktor-faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi termal, serta faktor-faktor individu seperti metabolisme dan insulasi pakaian. PMV memprediksi rata-rata penilaian subjektif tentang kenyamanan termal dari sekelompok orang dalam lingkungan termal tertentu menggunakan skala sensasi termal tujuh poin, mulai dari -3 (sangat dingin), -2 (dingin), -1 (sejuk), (netral), +1 (hangat), +2 (panas), dan +3 (sangat panas), dengan nilai mewakili kondisi netral atau nyaman secara termal (Fanger, 1970).

9 Terkait dengan PMV, terdapat juga konsep Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) yang mewakili persentase orang yang merasa tidak puas dengan lingkungan termal tertentu. Namun, pada penelitian-penelitian sebelumnya tentang Predicted Mean Vote (PMV) dalam konteks iklim tropis Indonesia telah mengungkapkan beberapa temuan yang lebih menyesuaikan penerapan langsung standar internasional seperti ASHRAE 55. Karyono (2000) dalam studinya di Jakarta menemukan bahwa suhu nyaman bagi penduduk Indonesia sekitar 2,5°C lebih tinggi dari prediksi model PMV standar, menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara standar internasional dan preferensi lokal. Temuan ini diperkuat oleh Feriadi dan Wong (2004) yang meneliti rumah-rumah berventilasi alami di Indonesia, serta Alfata et al. (2015) yang fokus pada apartemen di Surabaya. Kedua studi tersebut konsisten menunjukkan bahwa model PMV cenderung memprediksi sensasi yang lebih hangat dibandingkan yang

sebenarnya dirasakan oleh penghuni lokal. Faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan ini meliputi adaptasi termal jangka panjang terhadap iklim tropis, ekspektasi kenyamanan yang berbeda, dan preferensi budaya. Damiati et al. (2016) dalam studi mereka di beberapa negara Asia Tenggara, termasuk Indonesia, menegaskan pentingnya mempertimbangkan adaptasi termal dalam menilai kenyamanan di iklim tropis. Sementara itu, Hamzah et al. (2018) dalam penelitian mereka di sekolah menengah di Makassar, menggarisbawahi bahwa standar internasional mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan kebutuhan termal spesifik populasi Indonesia. Hasil temuan ini mengarah pada kesimpulan bahwa ada kebutuhan untuk mengembangkan atau memodifikasi model kenyamanan termal yang lebih sesuai untuk konteks iklim tropis Indonesia. Model yang direvisi ini harus mempertimbangkan faktor-faktor lokal seperti adaptasi iklim, budaya, dan preferensi termal yang spesifik, sehingga dapat memberikan prediksi yang lebih akurat tentang kenyamanan termal di lingkungan tropis Indonesia. Pengembangan model semacam ini tidak hanya akan meningkatkan kenyamanan penghuni, tetapi juga berpotensi mengoptimalkan penggunaan energi dalam bangunan dengan lebih baik menyesuaikan sistem pendinginan dengan kebutuhan nyata pengguna.

### 2.3.2. PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) merupakan konsep yang berkaitan erat dengan model Predicted Mean Vote (PMV) dalam mengevaluasi kenyamanan termal (Fanger, 1970). PPD mewakili persentase orang yang merasa tidak puas dengan lingkungan termal tertentu. Konsep ini didasarkan pada fakta bahwa bahkan dalam kondisi termal yang dianggap netral ( $PMV = 0$ ), masih ada sekitar 5% orang yang merasa tidak puas dengan lingkungan termal tersebut. PPD merupakan fungsi dari nilai PMV, di mana semakin tinggi nilai absolut PMV, semakin besar persentase orang yang merasa tidak nyaman secara termal (Fanger, 1970). Nilai PPD dihitung menggunakan persamaan empiris yang dikembangkan berdasarkan percobaan dengan subjek Eropa. Misalnya, jika  $PMV = +1$  (sedikit hangat), maka sekitar 26% orang akan merasa tidak nyaman dengan lingkungan termal tersebut. ASHRAE-55

memiliki standar kenyamanan termal variatif mulai dari 5% hingga 100%. Namun, berdasarkan kenyamanan nilai PPD kondisi kenyamanan termal di atas 20% kurang dapat diterima karena presentase orang yang merasa tidak nyaman semakin meningkat, sehingga kenyamanan termal berdasarkan poin PPD memiliki rentang presentase kenyamanan berkisar 10% sampai 20% (ASHRAE, 2017).

#### 2.4 Rekayasa Desain Pendingin Pasif

Rekayasa desain pasif merupakan pendekatan dalam arsitektur yang memanfaatkan kondisi iklim dan unsur alam untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan efisien dalam penggunaan energi.

5 12 Desain pasif dikategorikan baik akan membuat sebuah bangunan tidak bergantung pada mesin atau alat untuk mengatur suhu ruangan seperti air conditioner, water heater, bahkan kipas angin. 5 Bangunan dengan desain pasif akan memaksimalkan energi-energi alam untuk menyejukkan dan menghangatkan ruangan (Izza Denna Syahputra, 2024). Desain fasad yang inovatif, termasuk penggunaan shading devices, overhang, dan louver, memainkan peran penting dalam mengontrol paparan bangunan terhadap radiasi matahari. Implementasi yang tepat dari elemen-elemen ini dapat mengurangi beban pendinginan hingga 23-89%, tergantung pada iklim dan orientasi (Bellia, De Falco, dan Minichiello, 2013). Strategi ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan termal tetapi juga memungkinkan pemanfaatan 14 pencahayaan alami yang optimal, lebih lanjut mengurangi ketergantungan pada sistem pencahayaan buatan. Ventilasi alami, ketika diintegrasikan dengan baik dalam desain bangunan, dapat secara substansial meningkatkan kenyamanan termal tanpa bergantung pada sistem mekanis. Teknik seperti ventilasi silang dan efek cerobong (stack effect) dapat menurunkan suhu dalam ruangan hingga 2-3°C di iklim tropis seperti temuan pada penelitian Aflaki, Mahyuddin, Mahmoud, dan Baharum (2015). Strategi ini tidak hanya menghemat energi tetapi juga meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, berkontribusi pada kesehatan dan kesejahteraan penghuni. Penggunaan massa termal yang efektif dalam konstruksi bangunan dapat secara signifikan menstabilkan suhu interior dan mengurangi fluktuasi termal. Penelitian menunjukkan bahwa implementasi yang tepat dari strategi massa termal

dapat mengurangi konsumsi energi tahunan hingga 25% di iklim mediterania (Gregory, Moghtaderi, Sugo dan Page 2008). Strategi ini bekerja dengan menyerap panas selama periode panas, menyimpannya, dan melepaskannya secara perlahan saat suhu lingkungan menurun, menciptakan efek penyangga termal yang alami. Salah satu contoh penerapan desain pasif yang ditekankan pada bangunan Masjid ini adalah cross ventilation dan selubung bangunan atau shading devices . Cross ventilation adalah fenomena alam dimana angin, udara segar atau hembusan angin masuk melalui sebuah bukaan, seperti jendela, dan mengalir langsung melalui ruangan dan keluar melalui bukaan di sisi berlawanan dari bangunan (dimana tekanan udara lebih rendah. Fenomena ini menciptakan aliran udara yang sejuk dan juga arus melintasi ruangan dari area terbuka ke area yang terlindung dan selubung bangunan selain berperan sebagai bukaan, juga sebagai permainan cahaya matahari agar panas tidak masuk seluruhnya ke dalam bangunan tersebut. **4 Secara** kesimpulan, desain pasif juga dapat mencakup aspek pendinginan pasif, pemanasan pasif, dan ventilasi pasif (ketersediaan bukaan alami). Sedangkan poin-poin yang harus dipertimbangkan dalam desain pasif antara lain lokasi, lansekap, orientasi, pemilihan insulasi dan material, tata letak internal, vegetasi, dan penempatan bukaan alami. Dengan demikian, desain pasif memberikan kontribusi penting dalam menciptakan bangunan yang ramah lingkungan dan hemat energi (Aziz, 2022) (Latifah, 2015). a. Cross Ventilation (Ventilasi Silang) Ventilasi silang merupakan salah satu strategi utama dalam Rekayasa Desain Pendingin Pasif. Strategi ini melibatkan penempatan bukaan pada sisi bangunan yang berlawanan untuk memungkinkan aliran udara alami melalui bangunan (Sangkertadi, 2013). Dengan memanfaatkan perbedaan tekanan udara dan efek venturi, ventilasi silang dapat menciptakan pergerakan udara yang efektif di dalam ruangan, sehingga membantu mengurangi beban panas dan meningkatkan kenyamanan termal (Latifah, 2015). Desain bangunan yang memungkinkan ventilasi silang yang optimal memerlukan pertimbangan orientasi bangunan, letak dan ukuran bukaan, serta konfigurasi ruang yang sesuai. **8 Keberhasilan ventilasi silang**

dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut berdasarkan aliran arah angin dan bukaan bangunan, seperti bukaan dengan besar lebih dari 20% luas lantai memungkinkan aliran angin masuk yang lebih banyak dan lebih besar juga. b. Selubung Bangunan 15 Selubung bangunan, terutama dalam bentuk secondary skin atau selubung kedua, juga berperan penting dalam Rekayasa Desain Pendingin Pasif. Secondary skin merupakan lapisan tambahan pada selubung bangunan yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap paparan matahari langsung dan elemen cuaca lainnya (Latifah, 2015). Secondary skin ini dapat berupa fasad kaca ganda, dinding ganda, atau elemen vertikal seperti sun shading yang terpisah dari dinding utama. Dengan adanya rongga udara di antara selubung utama dan secondary skin, aliran udara dapat terjadi secara alami atau dibantu dengan sistem ventilasi, sehingga mengurangi beban panas yang masuk ke dalam bangunan (Satwiko, 2009). c. Pendingin evaporatif Pendinginan evaporatif juga menjadi salah satu strategi dalam Rekayasa Desain Pendingin Pasif. Strategi ini memanfaatkan proses penguapan air untuk menurunkan suhu udara yang masuk ke dalam bangunan. Penerapannya dapat berupa kolam air, air mancur, atau tanaman rambat pada dinding bangunan yang dibasahi secara berkala. Ketika air menguap, panas laten penguapan diserap dari lingkungan sekitar, sehingga menurunkan suhu udara (Satwiko, 2009). Pendinginan evaporatif sangat efektif di daerah dengan iklim kering, namun juga dapat dimanfaatkan di iklim tropis lembab dengan mempertimbangkan kelembaban udara yang tinggi. 2.5 CBE Thermal Comfort Tool CBE Thermal Comfort Tool merupakan aplikasi web yang dikembangkan oleh Center for the Built Environment (CBE) di Universitas California, Berkeley, untuk memudahkan perhitungan dan visualisasi berbagai indeks kenyamanan termal (CBE, 2021). Alat ini memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi kondisi termal berdasarkan model standar seperti Predicted Mean Vote (PMV), Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), dan Standard Effective Temperature (SET), serta model adaptif seperti ASHRAE Standard 55 dan EN 16798. CBE Thermal Comfort Tool menyediakan visualisasi yang intuitif dan memungkinkan pengguna untuk

memasukkan data lingkungan seperti suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi termal, serta data individu seperti metabolisme dan insulasi pakaian (CBE, 2021). Alat ini kemudian melakukan perhitungan indeks kenyamanan termal yang relevan dan menyajikan hasilnya dalam bentuk nilai numerik maupun visualisasi grafik. Selain itu, CBE Thermal Comfort Tool memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengeksplorasi berbagai skenario termal dengan mudah. Pengguna dapat dengan cepat mengubah nilai parameter dan melihat bagaimana perubahan tersebut mempengaruhi indeks kenyamanan termal. Hal ini sangat bermanfaat dalam proses perancangan lingkungan termal, di mana berbagai skenario dapat dievaluasi sebelum menentukan hasil akhir.

### 2.6 Tinjauan Penelitian Sejenis

Kajian mengenai pendingin pasif serta kenyamanan termal sudah banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya. Seperti Prakoso, dkk. (2014) telah mengkaji pengaruh material pada selubung bangunan terhadap kenyamanan termal dan visual, khususnya dalam kenyamanan termal. Mereka menekankan pentingnya pemilihan material yang tepat dalam desain bangunan untuk mencapai kondisi termal yang nyaman. <sup>3</sup> Mereka juga menyoroti peran orientasi bangunan, pemilihan jenis warna dan selubung, serta luas material transparan memiliki pengaruh signifikan dalam menciptakan kenyamanan termal. Hal ini menunjukkan bahwa 16 orientasi yang baik dengan pemilihan jenis warna dan selubung serta luas material transparan dapat membantu mengatur sirkulasi udara dan radiasi matahari yang mempengaruhi suhu dalam bangunan. Konsep penerapan dari adanya strategi ini diperkuat dengan adanya studi lain. Talarosha (2005) meneliti pengaruh orientasi bangunan dan pemilihan material dalam konteks rumah tinggal. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa desain yang mempertimbangkan aspek orientasi bangunan serta pemilihan dapat secara signifikan meningkatkan kenyamanan termal penghuni. Selain itu, pembahasan mengenai material dan pengaruhnya terhadap suhu dalam bangunan juga dibahas oleh Pratama dan Budiono (2021) dalam studinya mengenai Perancangan Jendela dan Partisi Pembatas dengan Pertimbangan Kenyamanan Termal. Desain jendela jika dibangun tidak dengan pertimbangan sirkulasi

udara dapat membuat panas terperangkap di dalam ruangan tanpa akses untuk keluar. Strategi yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti bagian atas jendela dengan penggunaan roster, sehingga udara dapat keluar dan masuk melalui akses yang tersedia pada bukaan-bukaan roster. Rekayasa pendingin pasif lainnya seperti adanya ventilasi alami dalam menciptakan kenyamanan termal telah ditekankan dalam studi oleh Ohba dan Lun (2020) dengan parameter perhitungan alat simulasi sebagai acuan. Mereka mengulas perkembangan alat simulasi terkini yang digunakan dalam penelitian terkait ventilasi bangunan, yaitu pendekatan simulasi komputer dan perangkat lunak menggunakan computational fluid dynamics (CFD) yang terintegrasi dengan simulasi energi bangunan telah memungkinkan peningkatan akurasi dalam menilai kinerja ventilasi alami dan juga memberikan prediksi aliran udara di gedung yang lebih realistis. Selain Ohba dan Lun, Prakash dan Ravikumar (2015) juga mendapatkan hasil serupa dengan menggunakan pendekatan melalui software computational fluid dynamics (CFD), di mana posisi pembukaan jendela pada dinding yang berdekatan dapat mempengaruhi karakteristik aliran udara dalam ruangan dan kenyamanan termal. Hasil ini menekankan pentingnya ventilasi alami sebagai salah satu strategi efektif dalam menjaga kenyamanan termal dalam bangunan. Konsep pendinginan pasif dan adaptasi kenyamanan termal dalam arsitektur pasif merupakan salah satu solusi yang dapat diandalkan. Pendekatan ini memungkinkan penggunaan sumber daya alam secara efisien sambil mencapai kenyamanan termal yang diinginkan (Roaf, 2007). Kenyamanan termal dalam bangunan sangat dipengaruhi oleh material dan selubung bangunan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Santamouris dan Kolokotsa (2012), teknik pendinginan pasif dapat digunakan untuk mengoptimalkan kenyamanan termal dalam bangunan dan struktur lainnya dengan memaksimalkan peran material dan selubung bangunan seperti menggunakan material dengan konduktivitas rendah dan bukaan serta orientasi selubung yang baik dapat membantu menjaga suhu ruangan tetap stabil. Dengan demikian, arsitektur pasif menawarkan solusi berkelanjutan untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan ramah lingkungan. Penggunaan pendingin udara

pada suatu bangunan tidak hanya berpengaruh besar terhadap kenyamanan penghuni bangunan, tetapi juga berdampak signifikan terhadap keberlanjutan bangunan itu sendiri dan bahkan bangunan lainnya dalam komunitas, kota, dan budaya tempat bangunan tersebut berada (Roaf, 2007). Teknik pendinginan pasif adalah teknik yang memanfaatkan elemen-elemen alam seperti angin dan air untuk mendinginkan bangunan. Teknik ini lebih sedikit mengonsumsi energi dibandingkan dengan teknik pendinginan aktif (Zuber Angkasa, 2023). Pada penelitian lain juga desain pendinginan pasif terbukti dapat menjadi alternatif dalam menghadapi tantangan iklim yang semakin berubah seperti studi kasus di gelombang panas jangka panjang di Eropa seperti 17 pada penelitian Ozarisoy (Ozarisoy, 2021). Studi ini menekankan perlunya strategi desain yang efektif untuk melindungi kenyamanan termal penghuni dalam kondisi iklim yang semakin ekstrem. Pentingnya Material dan Orientasi Bangunan juga menunjukkan bahwa pemilihan material yang tepat dan orientasi bangunan memiliki peran penting dalam menciptakan kenyamanan termal. Prakoso, dkk. (2014) menunjukkan bahwa material dan orientasi bangunan pada selubung bangunan dapat mengatur sirkulasi udara dan radiasi matahari yang mempengaruhi suhu dalam bangunan. **3 18 Selain itu, pemilihan jenis warna dan selubung, serta luas material transparan juga berperan penting dalam menciptakan kenyamanan termal.** Peran ventilasi alami menjadi faktor penting dalam menciptakan kenyamanan termal. Studi oleh Ohba dan Lun (2020) menunjukkan bahwa penggunaan alat simulasi terkini seperti Computational Fluid Dynamics (CFD) yang terintegrasi dengan simulasi energi bangunan dapat meningkatkan akurasi dalam menilai kinerja ventilasi alami dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana ventilasi alami dapat berperan dalam mengatur suhu dalam bangunan. Pendekatan melalui simulasi perangkat lunak seperti ini memberikan prediksi aliran udara di gedung yang lebih realistis, sehingga dapat membantu dalam merancang sistem ventilasi yang efektif. Konsep pendinginan pasif dalam arsitektur juga menunjukkan potensi besar. Pendekatan ini memungkinkan penggunaan sumber daya alam secara efisien

sambil tetap mencapai kenyamanan termal yang diinginkan, sebagaimana yang diungkapkan dalam penelitian Roaf (2007). Teknik pendinginan pasif, seperti pemanfaatan angin dan air, dapat mengurangi konsumsi energi secara substansial, yang merupakan solusi yang sangat relevan dalam menghadapi tantangan iklim yang semakin ekstrem, sebagaimana ditunjukkan oleh Ozarisoy (2021). Dalam rangka mencapai kenyamanan termal yang optimal dalam desain bangunan, penelitian ini telah menguraikan beberapa temuan penting dari tinjauan pustaka yang relevan. Pemilihan material dalam selubung bangunan, sebagaimana dibahas oleh Prakoso, dkk. (2014) memiliki salah satu peran dalam mengatur suhu dalam bangunan. Ventilasi alami, seperti yang diteliti oleh Ohba dan Lun (2020), juga menjadi faktor penting dalam mencapai kenyamanan termal yang diinginkan. Selain itu, konsep pendinginan pasif seperti yang dijelaskan oleh Roaf (2007) dan Ozarisoy (2021), menawarkan alternatif yang efisien dalam menghadapi tantangan iklim yang semakin ekstrem. Integrasi elemen-elemen ini dalam desain bukan hanya meningkatkan kenyamanan penghuni, tetapi juga mendukung keberlanjutan bangunan dan adaptasi terhadap perubahan iklim yang semakin kompleks. Dalam konteks masa depan, desain bangunan yang cerdas harus mempertimbangkan semua temuan ini untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan berkelanjutan. Strategi ini mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan dan pemanasan, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, pendekatan ini menunjukkan bagaimana desain dan konstruksi bangunan dapat beradaptasi dengan perubahan iklim dan berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan. Dari rangkuman penelitian-penelitian sebelumnya, yang akan menjadi fokus utama dalam skripsi ini adalah "Kajian Pendekatan Passive Cooling terhadap Kenyamanan Termal pada Masjid Jami Al-Hurriyah Jakarta Selatan ". Dengan demikian, penelitian ini akan mengeksplorasi sejauh apa pengaruh rekayasa pendingin pasif yang digunakan dalam bangunan masjid dapat memengaruhi kenyamanan termal di dalamnya. Penelitian ini mengadaptasi kesamaan pada penelitian Roaf (2007) dan Ozarisoy (2021) mengenai bagaimana eksplorasi rekayasa pendingin pasif

dalam desain arsitektur serta faktor-faktor seperti angin dan matahari dapat mempengaruhi kenyamanan termal dalam bangunan. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan rekayasa desain pendingin pasif pada bangunan 18 dapat meningkatkan kenyamanan termal, serta penting untuk merancang bangunan yang dapat lebih efisien energi. Pada penelitian ini juga memiliki perbedaan dengan penelitian Prakoso, dkk. (2014), yaitu pada objek penelitian ini mengambil rumah peribadatan, yaitu Masjid. Pada penelitian sejenis lainnya, penelitian ini juga memiliki kesamaan pada penelitian Roaf (2007) yang berfokus pada pendekatan desain arsitektur pasif dan bagaimana hal tersebut dapat digunakan untuk menciptakan kenyamanan termal dalam arsitektur. Namun, perbedaan dalam penelitian ini terletak pada lokasi yang berbeda di kedua negara yang menjadi subjek penelitian. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang bagaimana desain bangunan yang dapat menciptakan lingkungan yang nyaman dan berkelanjutan, terutama dalam konteks bangunan ibadah seperti masjid. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti orientasi bangunan, penerapan material, dan penggunaan teknologi yang tepat, kita dapat mengoptimalkan teknik pendinginan pasif dan pendekatan adaptif terhadap kenyamanan termal. Dengan demikian, kita tidak hanya menciptakan ruang ibadah yang nyaman bagi jamaah, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa desain arsitektur yang baik tidak hanya tentang estetika, tetapi juga tentang bagaimana menciptakan lingkungan yang nyaman dan berkelanjutan. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan passive cooling dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti orientasi bangunan, penempatan bukaan, dan penggunaan elemen-elemen seperti louver dan shading devices untuk mengoptimalkan penggunaan cahaya alami dan pengurangan panas matahari yang berlebihan. Tinjauan literatur memberikan wawasan yang mendalam tentang berbagai faktor yang harus dipertimbangkan dalam merancang dengan rekayasa desain melalui pendekatan passive cooling yang efektif, berkelanjutan, dan estetis sesuai dengan konteks arsitektural yang bersangkutan. Selain itu,

tinjauan literatur ini juga akan membantu dalam mengidentifikasi peluang-peluang untuk penggunaan teknologi terkini dalam pengembangan rekayasa desain bangunan yang lebih canggih dan berkelanjutan. Temuan-temuan yang didapatkan dari tinjauan literatur yang telah dipelajari, didapatkan beberapa variabel-variabel yang dapat memengaruhi kenyamanan termal. Tiap variabel yang memengaruhi kenyamanan termal masing-masingnya memiliki beberapa faktor yang dapat memengaruhi keberhasilan dari variabel itu sendiri dalam memberikan hasil yang baik terhadap kenyamanan termal tersebut. Hasil yang didapatkan setelah faktor dan variabel terpenuhi dengan baik ditunjukkan dengan nilai poin PMV dan presentase PPD yang sesuai berdasarkan standar ASHRAE-55. 2 3 4 Adapun SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung tidak dijadikan acuan karena belum dilengkapi dengan instrumen pengukuran yang memadai. Pertimbangan lainnya, biasanya SNI merujuk pada referensi-referensi eksternal termasuk ASHRAE 55.

Tabel 2.3 Kesimpulan Variabel Penelitian 19 Sumber: Pribadi (2024) 20

2.7 Kerangka Pemikiran 21 Judul Kajian Passive Cooling Sebagai Pendekatan Kenyamanan Termal pada Masjid Jami Al-Hurriyah Jakarta Selatan Latar Belakang Di era perubahan iklim global, desain bangunan ramah lingkungan dan efisien energi menjadi penting, terutama di Jakarta Selatan yang beriklim tropis dan padat penduduk. Tantangan utama adalah menciptakan kenyamanan di dalam bangunan seperti masjid, yang sering digunakan untuk aktivitas ibadah dan sosial. Selubung bangunan memainkan peran dalam kondisi termal bangunan, dengan pemilihan material, desain fasad, dan strategi rekayasa pendingin pasif. Rumusan Masalah Mengidentifikasi seberapa besar pengaruh upaya yang dilakukan melalui pendekatan passive cooling dapat memengaruhi kenyamanan termal di Masjid Jami' Al Hurriyah Jakarta Selatan. Tujuan Penelitian Mencari tahu seberapa berpengaruh pendekatan passive cooling dan hubungannya dengan faktor-faktor lain terhadap kenyamanan termal di Masjid Jami Al-Hurriyah. Metode Penelitian Pengolahan data (analisis) menggunakan simulasi perhitungan model komputasi CBE

Thermal Comfort Tool Hasil: Passive Cooling dan Desain Bangunan

Memengaruhi/tidak memengaruhi Kenyamanan termal di Masjid Jami Al-Hurriyah

Analisis dan Pembahasan Simpulan dan Rekomendasi Tujuan Penelitian Tinjauan

Pustaka 1. Faktor-faktor kenyamanan termal 2. Standar kenyamanan termal berdasarkan standar ASHRAE-55 Metode Penelitian Pengumpulan data dengan

cara pengukuran lapangan meliputi suhu, kecepatan angin, dan kelembaban

menggunakan Multimeter 2.8 Sintesis Berdasarkan sejumlah pustaka yang digunakan pada penelitian, penulis memaparkan sintesis penelitian menjadi

sebuah alur pembahasan yang jelas dengan tujuan memfokuskan penelitian

sebagai berikut: Sintesis Teori/Standar Variabel/Metode Faktor-faktor

kenyamanan termal Mengacu pada perhitungan PMV dan PPD dengan standar

nilai kenyamanan ASHRAE Internal  $\times$  Metabolisme  $\times$  Pakaian Eksternal  $\times$

Suhu  $\times$  Kecepatan udara  $\times$  Kelembaban  $\times$  Radian Simulasi model perhitung

an PMV (Predicted Mean Value) Indeks yang berdasarkan standar ASHRAE-55

dengan rekomendasi kenyamanan pada skala poin PMV berkisar -0.3 sampai

0.3 CBE Thermal Comfort Tool Simulasi Model Perhitungan PPD (Predicted

Percentage of Dissatisfied) Indeks yang berdasarkan standar ASHRAE-55

dengan nilai poin PPD antara 5% hingga 20% 22 BAB 3 METODE

PENELITIAN 3.1 Pendekatan Metode penelitian adalah pendekatan sistematis

yang digunakan oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan penelitian. Metode

ini mencakup berbagai teknik dan alat yang digunakan untuk mengumpulkan,

menganalisis, dan menafsirkan data seperti pada penelitian sebelumnya

Prakoso, dkk. (2014) menggunakan cara deskriptif berdasarkan studi

literatur sebagai acuan tolok ukur kriteria penilaian data hasil,

kemudian data diperoleh melalui observasi lapangan menggunakan pengukuran

alat ukur suhu dan kelembaban. 6 Dalam penelitian ini Prakoso, dkk. (2014)

berupaya memahami bagaimana pengaruh penerapan material selubung bangunan

terhadap kenyamanan termal dan visual di dalam bangunan. Pada penelitian lain

milik Thalarosa (2005) menggunakan metode serupa dengan pemahaman literatur

seperti pemahaman mengenai iklim dan kenyamanan termal, faktor-faktor yang

mempengaruhi, dan solusi yang diperlukan. Dalam mendapatkan solusi yang

diperlukan, Thalarosa (2005) menggunakan pendekatan-pendekatan yang dapat dilakukan untuk menciptakan kenyamanan termal di dalam bangunan meskipun berada di Indonesia dengan iklim yang berada di atas garis kenyamanan tubuh. Metode lain yang digunakan peneliti adalah dengan menggunakan cara yang sama seperti penelitian Saputra (2021) dan Tartarini (2020), yaitu menggunakan uji coba pada objek bangunan dengan menempatkan beberapa titik yang telah ditentukan, kemudian menggunakan pengukuran untuk mendapatkan besaran suhu dan temperatur serta kecepatan angin pada ruangan tersebut. Kemudian, hasil data yang telah didapatkan diolah lebih lanjut menggunakan alat bantu simulasi komputer yaitu CBE Thermal Comfort Tools. Selaras dengan judul dan pustaka yang telah ditinjau penulis, pemahaman mengenai metode penelitian ini tentu menjadi sangat berguna dalam proses penyusunan penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Prakoso, dkk. (2014) dan Thalarosa (2005) dengan pengukuran kuantitatifnya menggunakan alat ukur suhu, kelembaban, dan kecepatan angin serta uji coba dan pengolahan data menggunakan bantuan simulasi komputer seperti pada penelitian Saputra (2021) dan Tartarini (2020), peneliti dapat menggunakan cara serupa untuk mengukur bagaimana suhu, kelembaban, dan kecepatan angin dalam menentukan pengaruhnya bagi kenyamanan termal. Selain itu, peneliti juga menggunakan cara yang sama seperti cara yang digunakan oleh Prakoso dkk. dalam mengobservasi bagaimana fenomena sosial yang terjadi pada objek penelitian ini untuk memahami bagaimana pengaruh dari penerapan material selubung dan bukaan terhadap kenyamanan termal pada bangunan tersebut. Serta, mengolah lebih lanjut melalui tinjauan pustaka terkait Passive Cooling dan Cross Ventilation sebagai studi literatur dan pemahaman mendalam mengenai pendekatan dan acuan apa saja yang harus dipenuhi dalam tercapainya kenyamanan termal yang optimal.

### 3.2 Identitas Penelitian 3.2

1. Identitas Objek Penelitian Masjid Jami' Al Hurriyah merupakan sebuah masjid yang dibangun oleh MNC Group di Pasar Minggu, Jakarta Selatan. Pembangunan masjid ini dimulai pada tahun 2018 dan selesai pada 23 tahun 2020. Masjid ini merupakan masjid pindahan

dari Kebon Sirih, Jakarta Pusat dengan luas lahan 745 m<sup>2</sup> biaya total untuk tanah dan pembangunan mencapai Rp18,8 miliar. Gambar 3.1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: pribadi (2024) Desain bangunan masjid ini memiliki arti mendalam yang terletak pada filosofi arsitekturnya. Arsitek utama, Abimantra Pradhana Ago Architect, menciptakan arsitektur yang tidak terikat oleh waktu dan memiliki konteks lingkungan yang kuat. Sehingga desain masjid ini dirancang untuk bertahan lama dan tetap relevan seiring berjalannya waktu, sementara juga mempertimbangkan dan menghormati lingkungan sekitarnya. Pada bagian fasad masjid ini dirancang dengan adanya kisi-kisi vertikal dengan material conwood sebagai bagian selubung terluar dari bangunan ini, dengan mengurangi tembok solid sebagai pembatasnya, bangunan ini dirancang dengan menciptakan desain terbuka dan ventilasi cukup banyak untuk keluar masuknya udara sebagai upaya kontrol terhadap panas. Selain itu, interior masjid ini dirancang dengan gaya minimalis dan luas, mencerminkan filosofi kebersahajaan dan kerendahan hati dalam Islam. Dengan menerapkan rekayasa desain leveling atau penggunaan mezanin pada lantai dua, udara panas yang terdapat pada lantai satu dapat dengan mudah tersalurkan dengan baik karena adanya ventilasi silang di dalamnya. Gambar 3.2 Interior Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: pribadi (2024) 24 Meski tanpa pendingin ruangan udara, ketika masuk masjid tetap terasa sejuk dengan adanya salah satu fitur yaitu memiliki plafon yang tinggi. Kini, masjid berkapasitas 800 jemaah ini telah beroperasi dengan baik dan digunakan untuk melakukan ibadah ataupun kegiatan keagamaan. Secara keseluruhan, Masjid Jami' Al Hurriyah dirancang tidak hanya sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai pusat komunitas yang memfasilitasi pertemuan sosial dan spiritual seperti seperti marawisan, tadarus al-Quran, belajar, dan berkumpul bersama. Dengan desainnya yang unik dan lokasinya yang strategis, Masjid Jami' Al Hurriyah menggambarkan simbol keagungan dan keindahan di tengah keramaian kota Jakarta dengan 3.2 1 12 2.

Lokasi Objek Penelitian Masjid ini berdiri di Jalan Batu Merah IV, 1 5

Pasar Minggu, Jakarta Selatan. 1 5 Lokasinya strategis karena berada persis

di depan Stasiun Pasar Minggu Baru. Dari peron kereta Stasiun Pasar Minggu Baru, bangunan masjid yang megah dengan nuansa abu-abu, hitam dan putih langsung terlihat. Gambar 3.3 Lokasi Masjid Jami' Al-Hurriyah

Sumber: Google Maps

3.3 Metode Penelitian Dalam metode ini, peneliti melakukan pengukuran langsung pada variabel- variabel tertentu seperti suhu, kelembaban, dan arah mata angin menggunakan alat bantu pengukuran environment multimeter seperti pada penelitian milik Saputra (2021). Data yang dikumpulkan kemudian diolah menggunakan CBE Thermal Comfort Tools untuk dianalisis dalam konteks kenyamanan termal. Pengukuran langsung di lapangan dan pengolahan data menggunakan CBE Thermal Comfort Tools merupakan bagian dari metode penelitian kuantitatif (Gravetter, 2003). Dalam metode ini, data numerik dikumpulkan dan dianalisis untuk memahami fenomena tertentu. Selanjutnya, hasil data disesuaikan berdasarkan data dasar kenyamanan termal yang diperoleh dari studi literatur (Groat, 2013). Tujuannya adalah untuk memahami pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap kenyamanan termal dalam bangunan. Metode ini merupakan validasi kualitatif deskriptif menggunakan sumber-sumber literatur. Dalam metode ini, data non-numerik dikumpulkan dan dianalisis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena tersebut (Cohen, 2017).

2.5 3.4 Variabel Penelitian Penelitian ini menggunakan pengukuran sebagai metode pengumpulan data dalam menentukan kenyamanan termal di Masjid Jami' Al-Hurriyah, Jakarta Selatan dengan pengukuran langsung variabel-variabel tertentu seperti suhu, kelembaban, dan arah mata angin yang diperoleh ketika survei lapangan. Tabel 3.1 Variabel Penelitian Variabel Faktor

Variabel Penelitian
Cara Mengukur Kenyamanan Termal
Passive Cooling
Ventilasi Silang
Pengamatan Kondisi Eksisting Lapangan
Selubung Bangunan
Desain Bangunan
Orientasi Material Vegetasi
Lingkungan
Temperatur Radiasi Matahari
Pengukuran Lapangan
Kecepatan Aliran Udara
Kelembaban Udara
Temperatur Udara Internal
Insulasi Pakaian Standar Ashrae-55
Metabolisme (Aktivitas Fisik)

Sumber: pribadi (2024)

3.5 Metode Pengumpulan Data 3.5.1. Pengukuran a. Mekanisme Penelitian ini menggunakan pengukuran sebagai metode pengumpulan data dalam

menentukan kenyamanan termal di Masjid Jami' Al-Hurriyah, Jakarta Selatan dengan pengukuran langsung variabel-variabel tertentu seperti suhu, kelembaban, dan arah mata angin yang diperoleh ketika survei lapangan. Setelah pengukuran selesai, data yang dikumpulkan akan dicatat melalui instrumen penelitian, kemudian hasil pengukuran akan dianalisis. Analisis ini akan memberikan informasi yang lebih mendalam tentang suhu di setiap ruangan dan bagaimana suhu tersebut dapat mempengaruhi kenyamanan pengunjung.

b. Waktu dan Tempat

1. Waktu Pengukuran suhu akan di beberapa ruangan Masjid Al- Hurriyah. Pengukuran ini akan dilakukan saat cuaca cerah, pada pagi (09.00-11.00 WIB), siang (11.30-14.00 WIB), dan sore hari (15.00-17.30 WIB). Pengukuran dilakukan pada dua kondisi, yaitu saat ramai aktivitas dan tidak ada aktivitas. Pengukuran pada saat ramai aktivitas dilakukan pada saat shalat berjamaah dan saat kajian sore. Pengukuran tidak dilakukan pada malam hari untuk memastikan faktor radiasi matahari dapat ikut terekam di dalam pengukuran suhu temperatur panas ruangan. Pengukuran dengan waktu dan kondisi yang berbeda-beda bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang akurat terkait variabel dan faktor-faktor penelitian yang diukur di setiap ruangan selama berbagai periode waktu sepanjang hari.

2. Titik Pengukuran Pengukuran suhu akan dilakukan di beberapa ruangan. Adapun ruangan yang akan mengalami pengukuran pada lantai 1 meliputi area tengah lantai dasar, area kamar mandi, Lantai 2 meliputi 2 titik area shalat utama beserta area mimbar imam, dan selasar selatan. Kemudian lantai 3 mezzanine hall utama.

2.1. Lantai 1

Gambar 3.4 Denah Lantai 1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024)

a. Titik 1 (Area Tengah) Gambar 3.5 Area 1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024)

Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan bukaan yang baik dan vegetasi yang cukup banyak pada sebagian area titik tersebut.

b. Titik 2 (Area Kamar Mandi) Gambar 3.6 Area 2 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024)

Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan bukaan yang

cukup ada pada bagian depan dan sedikit ventilasi kecil di belakang

2.2. Lantai 2 Gambar 3.7 Denah Lantai 2 Masjid Jami' Al-Hurriyah

Sumber: Pribadi (2024) c. Titik 3 (Selasar Selatan) 28 Gambar 3.8

Area 3 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Kriteria pemilihannya area ini memenuhi poin cross ventilation dengan bukaan yang sangat besar dengan selubung bangunan yang berhubungan langsung dengan area ini.

Vegetasi di sekitar area juga cukup banyak meskipun memiliki jarak dan tidak berhubungan langsung. d. Titik 4 (Area Mimbar Imam) Gambar 3.9

Area 4 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Kriteria pemilihan

ruang pada area ini tidak memenuhi kriteria ventilasi silang maupun selubung bangunan karena area ini tidak dilintasi secara langsung oleh pergerakan angin pada sirkulasi silang ruangan. Gambar 3.10 top skylight

area mimbar Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Area ini

juga tidak memiliki bukaan di areanya namun memiliki ketinggian plafon yang tinggi dan memiliki top skylight pada bagian langit-langit

plafon e. Titik 5 (Titik Shalat 1) 29 Gambar 3.11 Area 5 Masjid

Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan bukaan yang cukup ada

namun tidak memiliki faktor kenyamanan termal lainnya. f. Titik 6

(Titik Shalat 2) Gambar 3.10 Area 6 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber

: Pribadi (2024) Area ini dilalui cross ventilation dengan bukaan yang cukup ada di sekitarnya namun area ini terletak di sudut ruangan.

2.3. Lantai 3 ` Gambar 3.6 Denah Lantai 3 Masjid Jami' Al-Hurriyah

Sumber: Pribadi (2024) g. Area Shalat Mezanin Lantai 2 30 Gambar 3.11

Area 7 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Kriteria pemilihannya

ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan bukaan yang cukup ada namun tidak memiliki faktor kenyamanan termal lainnya.

c. Instrumen Penelitian Penelitian ini menggunakan instrumen pendukung sebagai alat pendukung dalam pengumpulan data (Lucas, 2016). Pada penelitian ini menggunakan Environment Multimeter sebagai alat pengukuran dan instrumen penilaian sebagai wadah hasil pengukuran. 1. Environment

Multimeter Environment Multimeter adalah alat pengukuran multifungsi yang dirancang untuk mengukur berbagai variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan arah angin. Gambar 3.7 Environment Multimeter Mastech MS-6300 Sumber: Mastechgroup.com Penggunaan Environment Multimeter dalam penelitian ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan data yang akurat dan real-time tentang kondisi lingkungan di setiap ruangan. Data ini kemudian dapat digunakan untuk menganalisis bagaimana variabel-variabel lingkungan ini mempengaruhi kenyamanan termal di ruangan tersebut. Dengan demikian, peneliti dapat membuat rekomendasi yang berdasarkan data untuk meningkatkan kenyamanan termal di ruangan tersebut.

## 8 2. Instrumen Penilaian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam suatu penelitian. Instrumen penelitian berfungsi untuk mempermudah peneliti dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan serta menjamin keabsahan dan keakuratan data yang diperoleh (Sugiyono, 2017).<sup>31</sup> Pada penelitian ini, Instrumen Penilaian merupakan formulir pengukuran multifungsi yang dirancang untuk merekam hasil pengukuran dan perhitungan dari berbagai variabel dan faktor dalam penelitian ini seperti lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan arah angin. Pada bagian pertama memuat informasi umum yang dibutuhkan seperti hari, waktu atau jam pengukuran, serta keadaan cuaca. Bagian berikutnya berisi tabel matriks yang berisi hasil pengukuran variabel dan faktor pada setiap titik pengukuran yang telah ditentukan. Pada bagian matriks, untuk indikator Ventilasi Silang, Selubung Bangunan, Orientasi, Material, dan Vegetasi akan diisi dengan rentang angka sampai 3 dengan (tidak memiliki/tidak baik), 1 (cukup memiliki/cukup baik), 2 (memiliki/baik), dan 3 (sangat memiliki/sangat baik). Adapun bagian terakhir memuat hasil perhitungan menggunakan CBE Thermal Comfort Tools yang meliputi PMV dan PPD. Lebih jelasnya bagian dua dan tiga seperti terlihat pada tabel di bawah ini. Tabel 3.2 Waktu Pengukuran Sumber: pribadi (2024) Tabel 3.3 Rubrik Penilaian Lokasi berdasarkan Faktor Penelitian<sup>32</sup> Sumber: pribadi (2024) 2. Software CBE Thermal Comfort Tools CBE Thermal Comfort Tool menyediakan visualisasi

yang intuitif dan memungkinkan pengguna untuk memasukkan data lingkungan seperti suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi termal, serta data individu seperti metabolisme dan insulasi pakaian (CBE, 2021). Alat ini kemudian melakukan perhitungan indeks kenyamanan termal yang relevan dan menyajikan hasilnya dalam bentuk nilai numerik maupun visualisasi grafik. Selain itu, CBE Thermal Comfort Tool memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengeksplorasi berbagai skenario termal dengan mudah.

### 3.6 Metode Analisis

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, sesuai dengan bentuk variabel dan faktor-faktor yang ada, maka data yang ada kemudian diolah dengan pendekatan deskriptif kuantitatif yaitu metode penelitian yang digunakan untuk mempelajari objek secara natural atau apa adanya. **10** Dalam penelitian ini, peneliti berperan penting sebagai instrumen utama dalam mengumpulkan dan menganalisis data. Pengumpulan data dilakukan dari berbagai sumber, teknik, dan waktu yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang dapat dipercaya. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara mendalam dan menyeluruh untuk menemukan makna atau pemahaman baru. **9** Tujuan dari penelitian ini adalah memahami fenomena secara utuh dan mendalam, bukan untuk membuat generalisasi. Jadi, penelitian kualitatif deskriptif berupaya menggali dan memaknai suatu fenomena berdasarkan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian. Adapun dalam penelitian ini deskriptif kuantitatif diterapkan dengan menggunakan hasil pengukuran PMV dan PPD untuk diinterpretasi dan ditarik kesimpulan-kesimpulan sesuai dengan kebutuhan dalam tujuan penelitian yang telah diuraikan pada bab 1. Proses interpretasi hasil pengukuran melibatkan studi literatur yang telah diuraikan pada bab 2. **33** Setelah mendapatkan hasil observasi, langkah selanjutnya yaitu proses analisis, interpretasi, dan perumusan kesimpulan-kesimpulan dalam penelitian ini menggunakan CBE Thermal Comfort Tools. CBE Thermal Comfort Tools adalah perangkat lunak analisis data yang dirancang khusus untuk menganalisis data kenyamanan termal. Software ini dapat mengolah data mentah dari pengukuran dan mengubahnya menjadi informasi yang dapat digunakan untuk menganalisis

kenyamanan termal melalui indikator penilaian PMV. PMV merupakan sebuah indeks dalam kenyamanan termal yang dapat memprediksi nilai kenyamanan termal pada sebuah objek. Hasil batasan dari indeks PMV yang direkomendasikan dalam ASHRAE-55 yaitu -0.3 sampai 0.3, (Guenther, 2023).

Artinya kondisi ruangan dapat dikatakan nyaman apabila hasil pengukuran PMV dan PPD berada dalam lingkup yang direkomendasikan. Sehingga dalam penelitian ini indeks kenyamanan PMV dan PPD dapat digambarkan seperti pada tabel di bawah ini. Tabel 3.4 Skala Lingkup Kenyamanan Nyaman

Kurang nyaman Tidak nyaman PMV -1 s/d 1 -2 s/d -1 dan 1 s/d

2 -3 sd -2 dan 2 s/d 3 PPD 5% - 10% 11% - 20% 21% -

100% Sumber: Pribadi (2024) diolah dari ASHRAE-55 34 BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN 4.1. Deskripsi Objek Penelitian Masjid Jami'

Al-Hurriyah, yang dirancang oleh AGo Architects, merupakan sebuah karya arsitektur religius kontemporer yang berlokasi di kawasan padat penduduk di depan stasiun kereta komuter di Jakarta Selatan, Indonesia. Dibangun pada tahun 2020, masjid tiga lantai ini memiliki luas 745 m<sup>2</sup> dan

menggabungkan fungsi ibadah dengan sekolah di lantai dasarnya. Konsep desainnya mengusung pendekatan arsitektur tanpa batas waktu (timeless) yang kuat terhadap konteks lokasi, seperti iklim, budaya, kebiasaan masyarakat, dan strategi desain pasif. Gambar 4.1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber:

pribadi (2024) Masjid ini menampilkan beberapa fitur arsitektur yang

inovatif dan fungsional. Tiga atap miring menciptakan sekuen ruang yang

terdiri dari teras penyambutan, area ibadah bertingkat, dan area ibadah

utama. Setiap ujung atap dilengkapi dengan skylight yang memungkinkan

cahaya alami menandai waktu shalat sepanjang hari. Integrasi bentuk atap

dan menara membentuk simbol kata "Alla" ketika dilihat dari arah

stasiun kereta. Aspek kenyamanan termal menjadi fokus utama dengan desain

yang mengoptimalkan ventilasi silang dan penggunaan kisi-kisi kayu sintetis

sebagai tirai untuk mengontrol panas yang masuk. Tangga, teras, dan

halaman berfungsi sebagai ruang publik, menegaskan peran masjid sebagai

pusat interaksi komunitas. Penggunaan material seperti Conwood dan strategi

desain pasif mencerminkan pendekatan berkelanjutan dalam arsitektur masjid ini. Sebagai objek penelitian, Masjid Jami' Al-Hurriyah menjadi studi kasus yang menarik tentang bagaimana arsitektur masjid kontemporer dapat merespons konteks lokal, mengintegrasikan fungsi sosial, dan menerapkan prinsip-prinsip desain berkelanjutan. Masjid ini juga menggambarkan evolusi arsitektur masjid di Indonesia, yang memadukan unsur-unsur tradisional dengan inovasi modern, menciptakan identitas arsitektur yang unik dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat setempat. 35 4.1.1. Identifikasi Objek Penelitian Penelitian ini berfokus pada pengukuran suhu di beberapa ruangan Masjid Al-Hurriyah untuk mengevaluasi efektivitas desain termal pasif yang diterapkan. Pengukuran akan dilakukan pada cuaca cerah, dengan tiga periode waktu yang berbeda: pagi (09.00-11.00 WIB), siang (11.30-14.00 WIB), dan sore hari (15.00-17.30 WIB). Untuk mendapatkan data yang komprehensif, pengukuran akan dilakukan dalam dua kondisi: saat ramai aktivitas (seperti shalat berjamaah dan kajian sore) dan saat tidak ada aktivitas. Pemilihan waktu ini bertujuan untuk menangkap variasi suhu yang dipengaruhi oleh radiasi matahari dan aktivitas pengguna sepanjang hari. Titik-titik pengukuran tersebar di tiga lantai masjid, masing-masing dipilih berdasarkan karakteristik desain dan potensi kenyamanan termalnya. Di lantai 1, pengukuran akan dilakukan di area tengah yang memiliki ventilasi silang dan vegetasi yang cukup, serta area kamar mandi dengan bukaan terbatas. Lantai 2 memiliki empat titik pengukuran: selasar selatan dengan bukaan besar dan vegetasi di sekitarnya, area mimbar imam dengan skylight namun tanpa ventilasi silang langsung, serta dua titik di area shalat utama dengan karakteristik ventilasi yang berbeda. Lantai 3 fokus pada area shalat mezanin yang memiliki ventilasi silang. Gambar 4.2 Denah Lantai 1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) 36 Gambar 4.3 Denah Lantai 2 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Gambar 4.4 Denah Lantai 3 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Setiap titik pengukuran memiliki karakteristik unik yang mencerminkan strategi desain pasif yang

diterapkan di Masjid Jami' Al- Hurriyah. Area tengah lantai 1 dan selasar selatan lantai 2 memanfaatkan ventilasi silang dan vegetasi untuk meningkatkan kenyamanan termal. Area mimbar imam mengandalkan ketinggian plafon dan skylight untuk manajemen suhu. Sementara itu, area-area shalat di lantai 2 dan 3 memiliki variasi dalam hal eksposur terhadap ventilasi silang dan posisi dalam ruangan. Pemilihan titik-titik pengukuran ini memungkinkan evaluasi komprehensif terhadap efektivitas berbagai strategi desain pasif yang diterapkan di Masjid Jami' Al-Hurriyah. Dengan mengukur suhu pada 37 berbagai waktu, kondisi, dan lokasi, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang akurat tentang performa termal masjid dan mengidentifikasi area-area yang mungkin memerlukan perbaikan atau optimalisasi lebih lanjut.

#### 4.1.2. Lingkup Pengukuran Kenyamanan Termal

A. Titik 1 Gambar 4.5 Area 1 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Titik ukur ini merupakan ruang tengah dari lantai dasar Masjid Jami' Al-Hurriyah. Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan cukup baik. **13** Hal ini dicapai melalui bukaan yang optimal untuk memaksimalkan aliran udara. Bukaan-bukaan ini dirancang dengan cermat, mempertimbangkan arah angin dominan dan pola sirkulasi udara alami. Selain itu, area ini diperkaya dengan vegetasi yang cukup banyak di sebagian titik-titik strategis. Keberadaan tanaman ini tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan kualitas udara dan menciptakan kondisi lebih nyaman. Vegetasi ini juga membantu dalam menyaring udara yang masuk, mengurangi polutan, dan memberikan efek pendinginan alami. Kombinasi antara sistem ventilasi silang dan kehadiran vegetasi diharapkan dapat menciptakan lingkungan yang optimal untuk kenyamanan termal dan kesehatan pengguna ruang.

B. Titik 2 38 Gambar 4.6 Area 2 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Titik ukur ini merupakan tempat wudhu dan kamar mandi pada lantai dasar. Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation , meskipun dengan beberapa keterbatasan. Bukaan yang cukup memadai terdapat pada bagian depan area yang memungkinkan masuknya udara

segar dari luar. Namun, ventilasi di bagian belakang hanya berupa bukaan-bukaan kecil. Konfigurasi ini menciptakan aliran udara yang tidak sepenuhnya optimal, karena perbedaan ukuran antara bukaan depan dan belakang dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam aliran udara. C. Titik 3 Gambar 4.7 Area 3 Masjid Jami' Al-Hurriyah 39 Sumber: Pribadi (2024)

) Titik ukur pada lokasi 3 ini merupakan bagian selasar selatan dari masjid ini. Kriteria pemilihan area ini memenuhi poin cross ventilation dengan sangat baik, ditandai oleh adanya bukaan yang sangat besar. Bukaan ini merupakan bagian dari selubung bangunan yang berhubungan langsung dengan area tersebut. Desain ini memungkinkan penetrasi maksimal udara luar ke dalam ruangan, menciptakan aliran udara yang kuat dan konstan. Selubung bangunan yang dirancang dengan mempertimbangkan ventilasi silang ini tidak hanya berfungsi sebagai pembatas fisik, tetapi juga sebagai sistem penyaring dan pengatur udara alami. Meskipun vegetasi di sekitar area cukup banyak, perlu dicatat bahwa tanaman-tanaman ini memiliki jarak tertentu dan tidak berhubungan langsung dengan area. Kondisi ini memberikan keuntungan berupa pemandangan hijau dan kontribusi tidak langsung terhadap kualitas udara, namun efek pendinginan langsung dari vegetasi mungkin tidak seoptimal jika vegetasi tersebut berada lebih dekat. D. Titik 4 Gambar 4.8 Area 4 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Titik ukur selanjutnya merupakan area mimbar imam. Kriteria pemilihan ruang pada area ini tidak memenuhi kriteria ventilasi silang maupun selubung bangunan yang optimal untuk aliran udara. Area ini tidak dilintasi secara langsung oleh pergerakan angin pada sirkulasi silang ruangan, yang berarti bahwa udara segar mungkin tidak dapat masuk dan bersirkulasi dengan efektif. Ketiadaan bukaan langsung di area ini lebih lanjut membatasi potensi untuk ventilasi alami. Namun, desain area ini memiliki beberapa fitur yang dapat membantu dalam manajemen termal dan kenyamanan ruang. Ketinggian plafon yang tinggi memberikan volume udara yang lebih besar, yang dapat membantu dalam regulasi suhu dan mencegah perasaan sesak. 40 Gambar 4.9 top skylight area mimbar

Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Fitur penting lainnya adalah adanya top skylight pada bagian langit-langit plafon. Skylight ini, meskipun tidak berkontribusi langsung pada ventilasi silang, dapat memberikan pencahayaan alami yang baik dan potensi untuk ventilasi stack effect jika dirancang dengan tepat. E. Titik 5 Gambar 4.10 Area 5

Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Titik ukur pada lokasi ini merupakan area shalat utama, yaitu ruang tengah pada lantai 2. Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan adanya bukaan yang cukup memadai. Bukaan-bukaan ini memungkinkan terjadinya aliran udara melalui ruangan, yang dapat membantu dalam sirkulasi udara dan pengaturan suhu. Namun, penting untuk dicatat bahwa area ini tidak memiliki faktor kenyamanan termal lainnya yang signifikan secara langsung. F. Titik 6 41 Gambar 4.11 Area 6 Masjid Jami

' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Area selanjutnya merupakan sudut ruangan dari area shalat utama. Titik ukur ini memiliki keuntungan dari adanya cross ventilation dengan bukaan yang cukup memadai di sekitarnya. 

Bukaan-bukaan ini memungkinkan aliran udara yang baik, yang dapat membantu dalam pengaturan suhu dan sirkulasi udara di dalam ruangan. Namun, posisi

area yang terletak di sudut ruangan membawa tantangan dan peluang tersendiri. Di satu sisi, lokasi sudut dapat membatasi aliran udara dari beberapa arah, potensial menciptakan zona dengan sirkulasi udara yang kurang optimal. Di sisi lain, posisi sudut juga dapat dimanfaatkan untuk menciptakan efek di mana udara dapat mengalir dengan kecepatan lebih tinggi melalui ruang yang lebih sempit. Untuk mengoptimalkan ventilasi di area sudut ini, perlu dipertimbangkan penempatan bukaan yang strategis untuk memaksimalkan aliran udara masuk dan keluar. G. Titik 7

42 Gambar 4.12 Area 7 Masjid Jami' Al-Hurriyah Sumber: Pribadi (2024) Titik ukur selanjutnya merupakan lantai 3 berupa mezanin dengan fungsi sebagai area shalat bagi perempuan dan area shalat laki-laki ketika ibadah Shalat Jumat. Kriteria pemilihan ruang pada area ini memenuhi poin cross ventilation dengan adanya bukaan yang cukup memadai dengan

selubung bangunan yang berperan sangat baik sebagai shading devices .  
Bukaan-bukaan ini memungkinkan terjadinya aliran udara yang baik melalui ruangan, yang dapat membantu dalam sirkulasi udara dan pengaturan suhu interior. Namun, sama seperti area yang disebutkan sebelumnya, ruang ini tidak memiliki faktor kenyamanan termal lainnya yang signifikan. Ketiadaan elemen tambahan seperti vegetasi, atau material bangunan yang responsif terhadap iklim dapat membatasi efektivitas ventilasi silang dalam menciptakan lingkungan yang optimal secara termal. Untuk meningkatkan kenyamanan termal di area ini, beberapa strategi dapat dipertimbangkan. Misalnya, penambahan elemen pembayangan seperti awning atau pergola di sekitar bukaan dapat membantu mengurangi panas matahari langsung tanpa menghambat aliran udara. 2 Penggunaan material dengan massa termal yang tinggi pada dinding atau lantai dapat membantu menyerap panas selama siang hari dan melepaskannya pada malam hari, membantu menstabilkan suhu ruangan. Selain itu, integrasi sistem pendinginan pasif seperti cooling walls atau penggunaan warna-warna cerah pada permukaan eksternal untuk memantulkan panas dapat lebih jauh meningkatkan kenyamanan termal. Penambahan vegetasi dalam bentuk tanaman pot atau vertical garden juga dapat membantu dalam meningkatkan kelembaban udara dan menciptakan efek pendinginan melalui evapotranspirasi. 4.1 7 3. Aktivitas Pengguna Masjid Jami' Al-Hurriyah berfungsi tidak hanya sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai pusat kegiatan dan interaksi masyarakat sekitar. Aktivitas utama di masjid ini tentu saja adalah pelaksanaan shalat lima waktu berjamaah, dengan kepadatan jamaah yang bervariasi sepanjang hari. Pada hari Jumat, masjid mengalami peningkatan signifikan jumlah jamaah untuk Shalat Jumat, Di luar waktu shalat, Masjid Jami' Al-Hurriyah menjadi tempat berlangsungnya berbagai kegiatan keagamaan dan sosial. Kajian rutin 43 diselenggarakan pada sore hari, biasanya setelah Shalat Ashar atau menjelang Maghrib, dan siang setelah Shalat Jumat menarik jamaah yang ingin memperdalam pengetahuan agama mereka. Pada bulan Ramadhan, aktivitas masjid meningkat secara dramatis dengan adanya Shalat Tarawih, buka puasa

bersama, dan i'tikaf. Masjid ini juga menjadi tempat pelaksanaan perayaan hari besar Islam seperti Idul Fitri dan Idul Adha, yang menarik jumlah pengunjung yang sangat besar. Desain masjid yang terbuka dengan tangga dan teras yang berfungsi sebagai ruang publik juga mendorong interaksi sosial informal. Sering terlihat pengunjung yang memanfaatkan area ini untuk bersantai, berdiskusi, atau sekadar beristirahat sejenak, terutama di pagi hari atau sore menjelang malam. Pada akhir pekan, aktivitas sosial cenderung meningkat dengan adanya berbagai kegiatan komunitas yang diselenggarakan di area masjid. Selama waktu pengukuran yang dilakukann oleh peneliti, peneliti mengambil poin 1.2 Met dikarenakan pada saat pengukuran mayoritas aktivitas yang dilakukan oleh pengguna masjid adalah beribadah, dengan gerakan ringan yaitu berdiri dan duduk (gerakan shalat). 4.1.4. Pakaian Pengguna Gambar 4.13 Aktivitas dan jenis pakaian pengunjung Sumber: Pribadi (2024) Pengunjung Masjid Jami' Al-Hurriyah mengenakan berbagai jenis pakaian, namun tetap dalam batas-batas kesopanan dan kesesuaian dengan norma ibadah Islam. Untuk jamaah pria, pakaian yang umum dikenakan meliputi celana panjang longgar atau kain sarung, kemeja lengan panjang atau pendek, dan peci atau kopiah. Nilai clo untuk pakaian pria ini berkisar 0.25 poin, tergantung pada ketebalan dan jenis bahan yang digunakan. Pada hari Jumat atau acara-acara khusus, banyak pria mengenakan baju koko atau gamis dengan nilai clo yang sedikit lebih tinggi, sekitar 0.36. Jamaah wanita umumnya mengenakan pakaian yang lebih tertutup, seperti gamis panjang atau rok panjang dengan atasan lengan panjang, dilengkapi dengan jilbab atau kerudung. Nilai clo untuk pakaian wanita ini biasanya lebih tinggi hingga 1,0, tergantung pada ketebalan dan lapisan pakaian yang dikenakan. Beberapa wanita juga mengenakan jubah atau abaya yang memiliki nilai clo sekitar 1,0 hingga 1,2. 4.4 Penting untuk dicatat bahwa nilai clo pakaian pengunjung dapat bervariasi tergantung cuaca dan waktu kunjungan. Pada kondisi pengukuran, penulis mengambil poin rata-rata dari total clo pria dan wanita dengan clo 0,59. 4.2. Hasil Pengukuran Kenyamanan

Termal Secara Umum Proses pengumpulan data yang dilakukan selama menjalankan penelitian ini tidak hanya berdasarkan variabel suhu, kelembaban, dan kecepatan udara, namun juga variabel lainnya seperti aktivitas yang dilakukan oleh pengunjung (jamaah, pengurus, dsb.) dan jenis pakaian yang digunakan. Pada jenis aktivitas yang dilakukan di Masjid Jami Al-Hurriyah yaitu beribadah (shalat), seperti melakukan gerakan berdiri dan duduk. Hal ini penulis simpulkan menjadi rata-rata aktivitas ringan dengan duduk dan berdiri pada met 1.2. Selanjutnya pada bagian rata-rata pakaian yang digunakan di masjid ini yaitu baju lengan panjang, baju lengan pendek, celana panjang ringan, gamis ringan, dan mukena dengan jumlah Clo 0.59.

4.2.1. Hasil Pengukuran Multimeter

Pembahasan pada bagian ini menampilkan nilai dari tempratur suhu dan radian, kecepatan angin, dan kelembaban berdasarkan masing- masing satuan yang dimiliki. Pengambilan data lingkungan ini dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu pagi, siang, dan sore. Masing- masing kelompok data memiliki 3 kondisi hari yang berbeda dengan tujuan dapat menunjukkan hasil analisis yang berbeda pula pada tiap-tiap kondisinya.

A. Pagi

Hari Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Pagi Hari L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7

Parameter	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Rata-rata Tempratur Radiasi Matahari	31.0	26.5	32.8	31.6	32.7	27.4	32.2
Tempratur Udara	32.1	28.7	31.4	32.8	32.7	30.0	32.1
Tempratur Radiasi Matahari	32.1	28.7	31.4	32.8	32.7	30.0	32.1
Tempratur Udara	31.40	28.7	31.4	32.8	32.7	30.0	32.1
Kecepatan Aliran Udara	0.1	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.1
Kecepatan Aliran Udara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecepatan Aliran Udara	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
Kelembaban Udara	62.7	61.2	59.4	58.8	55	59.4	60.2
Kelembaban Udara	63.7	62.4	58.7	56.2	54.8	57.3	58.5
Kelembaban Udara	62.6	62.4	59.6	57.5	56.3	59.4	60.2
Kelembaban Udara	59.7	60.2	59.5	45	59.4	60.2	59.7

Sumber: pribadi (2024) Tabel ini menyajikan serangkaian pengukuran yang dilakukan di tujuh lokasi berbeda (L1-L7), memberikan gambaran komprehensif tentang variasi kondisi lingkungan dalam suatu area. Parameter yang diukur meliputi temperatur suhu, radiasi matahari, temperatur udara,

kecepatan aliran udara, dan kelembaban udara yang merupakan faktor-faktor kunci yang memengaruhi kenyamanan termal dan karakteristik lingkungan mikro. Temperatur radiasi matahari menunjukkan variabilitas yang signifikan antar lokasi, berkisar dari 26,5°C di L2 hingga 32,8°C di L3, dengan rata-rata 30,6°C. Variasi ini mengindikasikan perbedaan tingkat paparan sinar matahari di setiap lokasi, yang bisa disebabkan oleh faktor-faktor seperti naungan bangunan, vegetasi, atau orientasi terhadap matahari. Lokasi L3, dengan temperatur radiasi tertinggi, kemungkinan merupakan area yang paling terbuka dan menerima paparan matahari langsung, sementara L2 mungkin berada di bawah naungan atau terlindung dari sinar matahari langsung. Temperatur udara, yang diukur pada hari kedua, menunjukkan rata-rata temperatur udara 31,4°C, dengan variasi minimal antara dua pengukuran di setiap lokasi. Ini menunjukkan stabilitas kondisi termal selama periode pengukuran. Namun, terdapat perbedaan suhu udara antar lokasi, dengan L2 konsisten menunjukkan suhu terendah (28,7°C) dan L4 serta L5 menunjukkan suhu tertinggi (32,8°C dan 32,7°C). Kecepatan aliran udara yang tercatat sangat rendah di semua lokasi, dengan nilai maksimum pada hari pertama hanya 0,5 m/s di L3 dan banyak lokasi mencatat m/s. Rata-rata kecepatan aliran udara hanya 0,1 m/s, menandakan kondisi udara yang sangat tenang atau stagnan. Situasi ini dapat memiliki implikasi signifikan terhadap kenyamanan termal dan kualitas udara. Udara yang stagnan dapat meningkatkan sensasi panas, terutama ketika dikombinasikan dengan suhu dan kelembaban tinggi, serta berpotensi menyebabkan akumulasi polutan udara mengingat objek berada di lingkungan padat penduduk. Kelembaban udara bervariasi dari 54,8% hingga 63,7%, dengan rata-rata 59,5% untuk hari pertama, 58,8% pada hari kedua, dan 59,7% di hari ke tiga. Variasi ini mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor lokal seperti keberadaan vegetasi, badan air, atau karakteristik permukaan. Menariknya, lokasi dengan suhu tertinggi tidak selalu menunjukkan kelembaban terendah. Misalnya, L1 memiliki kelembaban tertinggi (62,7% dan 63,7%) meskipun

suhunya relatif tinggi. B. Siang Hari Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Siang Hari Titik Ukur L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7

Parameter	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Rata-rata Temperatur Radiasi	32.8	32.2	32.2	32.9	32.7	31.5	32.4
32.39							
46 Matahari Temperatur Udara Temperatur Radiasi Matahari	32.4	33.4	34.4				
35.4	36.4	37.4	38.4	35.40	Temperatur Udara Temperatur Radiasi Matahari		
32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6	35.60
Temperatur Udara Temperatur Radiasi Matahari	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4
34.40	Temperatur Udara Kecepatan Aliran Udara	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecepatan Aliran Udara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kecepatan Aliran Udara	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kelembaban Udara	62.8	62.5	58.8				
58.6	55.4	59.8	57.5	59.3	Kelembaban Udara	63.7	62.2
59.1	59.9	56.6	60.4	60.1	60.3	Kelembaban Udara	62.8
62.5	58.8	58.6	55.4	59.8	57.5	59.3	Kelembaban Udara
61.2	62.3	56.7	57.6	55.5	58.7	56.4	58.3

Sumber: pribadi (2024) Tabel pertama menyajikan data pengukuran di tujuh lokasi serupa (L1-L7) seperti pengukuran di pagi hari, dengan fokus pada empat parameter utama: temperatur radiasi matahari, temperatur udara, kecepatan aliran udara, dan kelembaban udara. Data ini menunjukkan variasi yang signifikan antar lokasi dan juga perubahan kondisi selama periode pengukuran. Temperatur suhu dan radiasi matahari menunjukkan peningkatan yang konsisten dari L1 ke L7, dengan nilai terendah 31,4°C di L1 pada pengukuran hari terakhir dan tertinggi 38,6°C di L7 pada pengukuran hari ketiga. Rata-rata temperatur radiasi matahari berkisar antara 32,39°C hingga 35,60°C. Pola ini mengindikasikan adanya gradien paparan matahari yang disebabkan oleh perbedaan kondisi di setiap lokasi. Kecepatan aliran udara sangat rendah di semua lokasi, dengan mayoritas pengukuran menunjukkan 0,0 m/s. Hanya L3 yang menunjukkan sedikit pergerakan udara dengan nilai 0,1 m/s pada dua 47 pengukuran. Kondisi udara yang sangat tenang ini dapat memperparah sensasi panas, terutama di lokasi-lokasi dengan temperatur tinggi. Kelembaban udara menunjukkan variasi yang cukup signifikan, berkisar dari 55,4% hingga 63,7%. L1 dan

L2 cenderung memiliki kelembaban tertinggi, sementara L5 konsisten menunjukkan kelembaban terendah. Analisis lebih lanjut pada waktu ini mengungkapkan bahwa lokasi dengan temperatur tertinggi (L6 dan L7) tidak selalu memiliki kelembaban terendah. Misalnya, L5 memiliki kelembaban terendah namun bukan temperatur tertinggi. C. Sore Hari Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal Sore Hari L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 Rata-rata Temperatur Radiasi Matahari 31.8 32.2 32.2 32.9 32.7 31.5 32.4 32.24 Temperatur Udara Temperatur Radiasi Matahari 31.6 32.6 31.7 31.4 31.7 30.6 32.4 31.71 Temperatur Udara Temperatur Radiasi Matahari 32.1 31.1 31.9 31.6 31.7 31.3 32.3 31.71 Temperatur Udara Kecepatan Aliran Udara 0.0 0.0 0.0 0.2 0.0 0.7 0.0 0.0 0.1 Kecepatan Aliran Udara 0.0 0.0 0.4 0.0 0.3 0.0 0.0 0.1 Kecepatan Aliran Udara 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 Kelembaban Udara 63.9 62.7 58.8 59.8 56.6 60.2 59.9 60.3 Kelembaban Udara 63.4 61.9 58.4 59.7 56.4 59.1 60 59.8 Kelembaban Udara 62.3 62.1 58.8 58.1 56.3 58.2 58.7 59.2 Sumber: pribadi (2024) Pada tabel pengukuran di sore hari, temperatur radiasi matahari dan temperatur udara menunjukkan nilai-nilai ini berkisar antara 30,6°C hingga 32,9°C. Rata-rata temperatur radiasi matahari dan udara sangat dekat, untuk masing-masing nilai tertinggi dan terendahnya, yaitu 32,24°C dan 31,71°C. Lokasi L4 menunjukkan temperatur radiasi matahari tertinggi (32,9°C) pada pengukuran hari pertama, sementara L6 memiliki nilai terendah (30,6°C) pada pengukuran hari kedua. Kecepatan aliran udara menunjukkan variasi yang lebih signifikan dibandingkan dengan tabel pertama. Meskipun sebagian besar lokasi masih menunjukkan kecepatan 0,0 m/s, terdapat beberapa 48 pengukuran yang menunjukkan pergerakan udara. L5 mencatat kecepatan tertinggi sebesar 0,7 m/s pada satu pengukuran, diikuti oleh L3 dengan 0,4 m/s. Meskipun kecepatan ini masih tergolong rendah, pergerakan udara ini dapat memberikan efek pendinginan yang signifikan dan meningkatkan kenyamanan termal, terutama mengingat temperatur yang relatif tinggi. Kelembaban udara menunjukkan variasi yang cukup besar, berkisar dari 56,3% hingga 63,9%. L1 konsisten menunjukkan

kelembaban tertinggi (berkisar 62,3% hingga 63,9%), sementara L5 memiliki kelembaban terendah (berkisar 56,3% hingga 56,6%). Pada pengukuran ini, terdapat beberapa hasil. Seperti, L3 menunjukkan variasi kecepatan angin yang paling signifikan (dari 0,0 m/s hingga 0,4 m/s). Pada L2 menunjukkan konsistensi yang tinggi dalam kelembaban udara (berkisar 61,9% hingga 62,7%), menandakan stabilitas kondisi lingkungan di lokasi tersebut.

#### 4.2.2. Hasil Pengukuran CBE Thermal Comfort Tools Secara Umum Tabel 4.4

##### Hasil CBE Thermal Comfort Tools Waktu Hari CBE L1 L2 L3 L4 L5 L6

L7 Pagi Hari 1 PMV 1,67 0,81 2,62 2,27 1,89 1,06 2,33 PPD 60 19

96 87 72 29 89 Hari 2 PMV 2,47 1,47 2,21 2,59 2,54 1,80 2,41

PPD 93 49 85 95 94 67 91 Hari 3 PMV 2,28 1,77 1,89 2,34 1,98

2,08 2,31 PPD 88 65 72 90 76 80 89 Siang Hari 1 PMV 2,66 2,48

2,31 2,64 2,55 2,25 2,49 PPD 96 93 89 96 94 87 93 PMV 2,55

2,36 2,45 2,63 2,19 2,17 2,40 PPD 94 90 92 96 85 84 91 Hari 2

PMV 2,60 2,48 2,59 2,61 2,46 2,51 2,43 PPD 95 93 95 96 93 94

92 Hari 3 PMV 2,24 2,51 2,56 2,57 2,52 2,59 2,47 PPD 89 94 95

95 94 95 93 Sore Hari 1 PMV 2,39 2,48 1,99 2,66 1,54 2,26 2,51

PPD 91 93 76 96 53 87 94 Hari 2 PMV 2,32 2,59 1,51 2,22 1,61

1,99 2,51 PPD 89 95 51 86 57 76 94 Hari 3 PMV 2,45 2,16 2,36

2,26 2,27 2,18 2,47 PPD 92 83 90 87 87 84 93 Sumber: pribadi

(2024) Dari hasil pengukuran yang dilakukan beberapa hari pagi, siang, dan sore keseluruhannya menunjukkan kondisi yang ada di lapangan 49 cenderung tidak nyaman dengan indikasi pada CBE Thermal Comfort Tools menyatakan warm atau hangat dan hot atau panas. Batasan-batasan PMV ini didapat dengan jarak poin PMV 2.09 sampai 2.43, dimana sesuai dengan standar ASHRAE 55, poin ini dapat dinyatakan batas yang tidak nyaman karena menghasilkan indeks panas dan sangat panas. Adapun rata-rata nilai PPD untuk pengukuran secara keseluruhan ini berada pada poin 84.76% dimana berdasarkan standar ASHRAE-55 poin ini sudah dikatakan sangat tidak nyaman karena jarak yang jauh jika mengacu pada referensi standar maksimal poin ketidakpuasan 20%. Poin PPD ini juga menyatakan bahwa

persentase orang yang berada pada rata-rata lokasi titik ukur tersebut jika disimulasikan melalui CBE Thermal Comfort Tools tidak merasa nyaman karena poin PPD berada di titik 84.76%. Berdasarkan hasil perhitungan melalui CBE Thermal Comfort Tools, indeks yang dihasilkan berada pada titik hangat panas, dan sangat panas. Namun demikian, penulis dan beberapa orang yang penulis tanyakan tidak terlalu merasakan panas yang berlebih dari kondisi ketika berada di area titik ukur tersebut, bahkan pada beberapa situasi, kondisi yang dirasakan dapat dikatakan masih cenderung nyaman. Hal tersebut mungkin dikarenakan penulis dan beberapa orang yang penulis tanyakan sudah dapat beradaptasi dan terbiasa dengan iklim yang ada, dan juga dimana beberapa orang tinggal sehari-hari pada iklim tropis.

#### 4.2.3. Pengaruh Elemen Passive Cooling dan Desain Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal

Pembahasan pada bagian ini menunjukkan hasil analisis yang menggabungkan seluruh elemen passive cooling (ventilasi silang dan selubung bangunan) dengan elemen desain bangunan (orientasi, material, dan vegetasi) yang menggunakan hasil pengukuran pagi, siang, dan sore. Nilai hasil pada tabel ini didapatkan dengan menghitung rata-rata poin PMV dan juga PPD pada tiap-tiap kondisi, yaitu kondisi hari pertama, kedua, dan ketiga, pada waktu pagi, siang, dan sore hari. Pada setiap lokasi (L1 – L7) diberikan kode angka – 3 dimana berarti tidak memiliki elemen passive cooling ataupun desain bangunan, 1 memiliki namun hanya cukup ada, 2 untuk keterangan memiliki dan sudah cukup baik dan 3 yaitu memiliki elemen passive cooling ataupun desain bangunan dengan kondisi yang sangat baik sebagaimana telah dijelaskan pada Tabel 3.3 di bab 3.

Tabel	Variabel	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	PMV	PPD
2.11	2.25	2.48	2.16	2.09	2.43	6	6	15	2	10
78.30	91.90	50	50	50	50	50	50	50	50	50
1	2	3	4	5	6	7	2	4	6	8
1	12	14	16	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
2.5	2.6	Total Variabel								

PMV Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Elemen Passive Cooling dan Desain Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal Sumber: Pribadi (2024) Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pada titik yang memiliki tingkat faktor-faktor pendukung kenyamanan termal tidak selalu memiliki hasil poin PMV yang rendah (nyaman dalam kondisi netral). Pada grafik menunjukkan bahwa titik ukur dengan faktor pendukung kenyamanan termal sangat baik (poin 3) hanya memiliki nilai PMV di poin 2.25, sedangkan untuk nilai PMV terbaik pada poin 2.11 terdapat pada titik ukur 2, dimana titik tersebut tidak memiliki ventilasi silang yang sudah cukup baik, namun tidak memiliki selubung bangunan di sekitarnya dengann orientasi matahari pada bagian Utara sedikit mengarah ke Timur Laut dengan sedikit bukaan. Titik ini juga tidak memiliki insulan bangunan dengan material yang baik karena keseluruhan bagian dari area ini dipenuhi dengan beton sebagai insulan ruangnya. Seperti yang diketahui secara umum, beton cenderung memiliki konduktivitas termal yang relatif tingngi, sehingga dapat menyimpan panas matahari dan tidak memberikan penghawaan yang sejuk di dalamnya. Pada bab ini juga membahas secara detail tentang bagaimana kondisi tiap-tiap titik di hari-hari yang berbeda. Dengan mengelompokkan hasil menjadi tiga bagian, yaitu waktu pagi, siang, dan sore hari. Hal ini dilakukan guna mendapatkan rata-rata yang sesuai dan relevan dengan kondisi serum, dimana kondisi pengukuran dikelompokkan berdasarkan waktu pengambilan data pengukuran tersebut, seperti suhu, kecepatan angin, dan kelembaban.

#### 4.3. Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal berdasarkan Waktu Pengukuran

##### 4.3.1. Kondisi pada Pagi Hari Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama tiga hari, pada waktu pagi hari dapat ditentukan rata-rata dari PMV dan PPD yang dihasilkan melalui CBE Thermal Comfort Tools sebagai berikut dengan kondisi dimana variabel-variabel yang memengaruhi kenyamanan termal 51 sudah dijumlah dengan keseluruhan variabel yang ada pada titik pengukuran tersebut.

Tabel	Kondisi	Pagi	Hari	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	Variabel	6	6	15	2	10	7	9
Rata-rata PMV	Pagi	2.14	1.35	2.24	2.40	2.14	1.65	2.35										
Rata-rata PPD																		

REPORT #22042387

Pagi 80.33 44.33 84.33 90.67 80.67 58.67 89.67 Sumber: pribadi (2024)

Poin PMV yang didapatkan dari tabel di atas merupakan tabel rata-rata dari 7 titik ukur yang dilakukan selama 3 hari. Adapun dalam grafik dapat dilihat perbandingan antara pengaruh variabel-variabel dengan hasil PMV maupun PPD. 1 2 3 4 5 6 7 2 4 6 8 1 12 14 16

.0 .5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 Variabel PMV Gambar 4.15 Grafik Pagi

Hari Sumber: Pribadi (2024) Pada poin variabel, sebuah titik pengukuran dapat dikatakan memenuhi persyaratan dan memenuhi kriteria sebuah area yang nyaman bagi kenyamanan termal jika faktor-faktor di dalamnya terpenuhi. Berdasarkan tinjauan pustaka yang sudah dibahas pada bab 2, adapun beberapa faktor yang memengaruhi kenyamanan termal seperti ventilasi silang, selubung bangunan yang mengurangi intensitas radiasi matahari, orientasi bangunan yang baik, material yang tidak mudah memantulkan panas atau material yang tidak mudah menghantarkan panas, dan juga vegetasi lingkungan yang baik. Poin PMV yang didapatkan dari tabel di atas merupakan tabel rata-rata dari 7 titik ukur yang dilakukan selama 3 hari. Adapun dalam grafik dapat dilihat perbandingan antara pengaruh variabel-variabel dengan hasil PMV maupun PPD. 4.3.2. Kondisi pada Siang Hari Kondisi titik-titik pengukuran pada siang hari berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama tiga hari, dapat ditentukan rata-rata dari PMV dan PPD yang dihasilkan melalui CBE Thermal Comfort Tools 52 sebagai berikut dengan kondisi dimana variabel-variabel yang memengaruhi kenyamanan termal sudah dijumlah dengan keseluruhan variabel yang ada pada titik pengukuran tersebut. Tabel 4.7 Tabel Kondisi Siang Hari L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 Variabel 6 6 15 2 10 7 9 Rata-rata PMV

Siang 2.51 2.46 2.48 2.61 2.43 2.38 2.45 Rata-rata PPD Siang 93.5

92.50 92.75 95.75 91.50 90.00 92.25 Sumber: pribadi (2024) Pada titik pengukuran lokasi 3, dapat dilihat bahwa variabel pendukung kenyamanan termal terpenuhi dengan baik, yaitu tiap-tiap poin ditandai dengan indeks 3 sehingga memiliki hasil poin variabel 15. Namun, hasil PMV dari pengukuran titik ini tidak menandakan adanya kelebihan dari kenyamanan

termal pada titik ini, karena jika dibandingkan dengan titik 6, poin PMV yang dihasilkan dapat lebih kecil meskipun variabel kenyamanan termal tidak terpenuhi semua, baik secara passive cooling maupun selubung bangunan. 1 2 3 4 5 6 7 2 4 6 8 1 12 14 16 2.25 2.3 2.35 2.4 2.45 2.5 2.55 2.6 2.65 Variabel PMV Gambar 4.16 Grafik

Siang Hari Sumber: Pribadi (2024) Poin PMV yang didapatkan dari tabel di atas merupakan tabel rata-rata dari 7 titik ukur yang dilakukan selama 3 hari. Adapun pada grafik dapat dilihat perbandingan antara pengaruh variabel-variabel dengann hasil PMV maupun PPD. Pada poin variabel, sebuah titik pengukuran dapat dikatakan memenuhi persyaratan dan memenuhi kriteria sebuah area yang nyaman bagi kenyamanan termal jika faktor-faktor di dalamnya terpenuhi. Pada grafik pengukuran, variabel ditandai dengan garis biru memiliki komponen kenyamanan termal terbaik di titik 3, namun hasil PMV seharusnya menampilkan perbandingan terbalik, jika semakin baik komponen kenyamanan termal yang terpenuhi, seharusnya poin PMV yang dihasilkan semakin rendah juga (jika kondisi panas) mendekati suhu kenyamanan netral. Namun pada pengukuran siang hari grafik 53 menunjukkan bahwa PMV paling rendah yang mendekati suhu kenyamanan netral adalah titik 6.

#### 4.3.3. Kondisi pada Sore Hari Kondisi

titik-titik pengukuran pada sore hari ini berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama tiga hari, hasil pengukuran dapat ditentukan rata-rata dari PMV dan PPD yang dihasilkan melalui CBE Thermal Comfort Tools. Pengukuran ini memiliki kondisi berdasarkan jumlah dengan keseluruhan variabel yang ada pada titik pengukuran tersebut. Tabel 4.8

Tabel Kondisi Sore Hari	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	Variabel
PMV	6	6	15	2	10	7	9	Rata-rata PMV Sore
PPD	2.39	2.41	1.95	2.38	1.81	2.14	2.50	Rata-rata PPD Sore

90.6 7 90.33 72.33 89.67 65.67 82.33 93.67 Sumber: pribadi (2024) Pada titik pengukuran lokasi 3, dapat dilihat bahwa variabel pendukung kenyamanan termal terpenuhi dengan baik, yaitu tiap-tiap poin ditandai dengan indeks 3 sehingga memiliki hasil poin variabel 15. Hasil PMV dari pengukuran titik ini memiliki poin yang lebih rendah

ketimbang kondisi sebelumnya yaitu pagi dan siang hari. Pada L3 khususnya terlihat perbedaan yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan kondisi pagi dan siang. Meskipun dalam standar ASHRAE 55 masih terbilang hangat, namun kondisi ini lebih sejuk dari kondisi sebelumnya. Poin PMV terendah dimiliki oleh L5 dengan kondisi variabel kenyamanan termal dipenuhi sebanyak 10 poin. 1 2 3 4 5 6 7 2 4 6 8 1 12 14 16 .0 .5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 Variabel PMV Gambar 4.17

Grafik Sore Hari Sumber: Pribadi (2024) Poin PMV yang didapatkan dari tabel di atas merupakan tabel rata-rata dari 7 titik ukur yang dilakukan selama 3 hari. Adapun pada grafik dapat dilihat perbandingan antara pengaruh variabel-variabel dengan hasil PMV maupun PPD. Pada poin variabel, sebuah titik pengukuran dapat dikatakan memenuhi persyaratan dan memenuhi kriteria sebuah area yang nyaman bagi kenyamanan termal jika faktor-faktor di dalamnya terpenuhi. Pada grafik pengukuran, variabel ditandai dengan garis biru memiliki komponen kenyamanan termal terbaik di titik 3, dengan hasil PMV yang cukup baik juga. Hal ini selaras dengan komponen kenyamanan termal yang bekerja dengan optimal pada kondisi sore ini. Sebaliknya, ketika kondisi faktor pendukung kenyamanan termal hanya 4 poin hasil PMV mencapai 2.35 poin. 4.4. Hasil Pengukuran Kenyamanan Termal berdasarkan Faktor yang Diukur 4.4.1. Pengaruh Ventilasi Silang terhadap Kenyamanan Termal Salah satu variabel yang memengaruhi kenyamanan termal pada penelitian ini adalah ventilasi silang. Bagian grafik pada subbab ini mengelompokkan tiap-tiap titik ukur berdasarkan variabel pendukung kenyamanan termalnya. Variabel kenyamanan termal bagian ini membahas mengenai pengaruh ventilasi silang pada tiap-tiap titik ukur. 1 2 3 4 5 6 7 .5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 Ventilasi Silang PMV Gambar 4.18 Grafik Pengaruh Ventilasi Silang terhadap Kenyamanan Termal Sumber: Pribadi (2024) Pada grafik di atas, ada dua kondisi pada dua titik yaitu titik 3 dan 5 merupakan perbandingan antara variabel kenyamanan termal yang dimiliki oleh tiap titik dengan PMV yang dihasilkan. Pada kondisi di titik

ukur ke 3 memiliki ventilasi silang yang sangat baik yaitu berada di poin 3, namun hasil PMV menunjukkan angka di titik 2.15 sampai 2.24. Sedangkan pada titik 6 yang hanya memiliki 1 poin kenyamanan termal memiliki nilai PMV yang lebih rendah, yaitu di 2.05 poin. Hal ini dapat dilihat sebuah kesimpulan bahwa pada rata rata seluruh kondisi dengan pengaruh dari ventilasi silang tidak terlalu memberikan dampak yang signifikan. 4.4.2.. Pengaruh Selubung Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Kondisi selanjutnya pada bagian ini merupakan dampak dari adanya selubung bangunan terhadap rata-rata tiap-tiap lokasi pengukuran. Adanya pengaruh atau tidak dari selubung bangunan ini ditandai dengan 55 indeks nilai poin PMV yang dihasilkan pada tiap pengukuran, hasil pengukuran disusun menjadi satu grafik guna dapat menunjukkan 1 2 3 4 5 6 7 .5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4

2.5 2.6 Selubung Bangunan PMV Gambar 4.19 Grafik Pengaruh Selubung Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Sumber: Pribadi (2024) Pada grafik di atas dapat dilihat untuk nilai PMV paling tinggi sesuai dengan kondisi selubung bangunan, dimana pada titik 4 lokasi tersebut tidak memiliki selubung bangunan. Namun, pada titik 7 dapat dilihat kondisi kenyamanan termal dengan faktor kenyamanan termal 3 poin memiliki nilai PMV yang cukup tinggi juga 4.4.3. Pengaruh Orientasi Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Pada bagian orientasi bangunan, masjid ini dipengaruhi tata letak kiblat sebagai acuan orientasi bangunan karena ketika berada di dalam masjid, posisi kiblat sudah berada tepat dan lurus dengan bentuk bangunan. Gambar 4.20 Orientasi sisi bangunan 56 Sumber: Archdaily dan Pribadi (2024) Gambar 4.21 Ilustrasi Tingkat Panas Matahari Sumber: Pribadi (2024) Berdasarkan simulasi PreDesign indeks panas matahari sepanjang Juni sampai Desember menunjukkan tingkat panas matahari yang cenderung merugikan sepanjang siang menuju sore hari sehingga objek penelitian pada kawasan ini membutuhkan adanya permainan orientasi yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa orientasi yang dipertimbangkan dengan baik dapat menghasilkan penghematan energi hingga 36% di iklim sedang

(Aksoy dan Inalli, 2006) . Hal ini dicapai dengan memaksimalkan pemanasan pasif di musim dingin dan meminimalkan panas berlebih di musim panas, sekaligus memanfaatkan angin dominan untuk ventilasi alami. Gambar 4.22 Ilustrasi Orientasi Bangunan terhadap Matahari Sumber: Pribadi (2024) Namun, orientasi pada masjid ini sudah memenuhi kebiasaan desain bangunan yaitu menghindari titik panas intens matahari, yaitu pada barat dan timur, dengan orientasi muka bangunan cenderung ke arah timur laut. Dalam strategi desain pasif, orientasi bangunan yang tepat 57 dapat mempengaruhi kinerja termal bangunan dengan mengoptimalkan paparan terhadap radiasi matahari dan angin. 1 2 3 4 5 6 7 .5 1 1.5 2 2.5 3

3.5 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 Orientasi PMV Gambar 4.23

Grafik Pengaruh Orientasi Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Sumber: Pribadi (2024) Grafik menunjukkan adanya pengaruh orientasi bangunan pada titik 6, yaitu dengan orientasi yang baik seperti tidak terkena radiasi matahari pagi siang dan sore kenyamanan termal di titik ini juga menunjukkan poin PMV yang lebih rendah. Begitu pula sebaliknya ketika orientasi bangunan di titik 4 tidak memiliki poin yang baik (0 poin), nilai PMV yang dihasilkan juga cenderung lebih tinggi. 4.4.4. Pengaruh Material Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Variabel selanjutnya yang menjadi pembahasan pada penelitian ini adalah material bangunan. Material bangunan memiliki salah satu peran bagi kenyamanan termal karena isolasi termal yang baik dapat didapatkan dari material isolator yang baik pula. Pada masjid ini material pelapis bangunan sebagian besar diselimuti dengan beton ekspos. Hal ini juga dipengaruhi finishing masjid yang belum sepenuhnya selesai. Pak Wawan selaku ketua DKM menyampaikan bahwa pada rencana awal, masjid ini tidak hanya beton ekspos namun juga memiliki cat pelapis dan juga kaligrafi-kaligrafi di beberapa bagian masjid. 58 1 2 3 4 5 6 7 .5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 Material PMV Gambar 4.24 Grafik Pengaruh Material Bangunan terhadap Kenyamanan Termal Sumber: Pribadi (2024) Pengaruh material bangunan pada titik-titik yang diukur cukup

memiliki dampak pada hasil kenyamanan termal. Pada titik 1, 4, dan 7 dapat terbilang memiliki kondisi material yang cenderung tidak baik dan kurang baik, hal ini berbanding lurus dengan hasil PMV yang dihasilkan. Kondisi dengan material yang tidak baik dan kurang baik pada masjid ini memiliki nilai poin PMV yang tinggi juga. 4.4.5. Pengaruh Vegetasi terhadap Kenyamanan Termal Pada bagian selanjutnya, vegetasi juga memiliki pengaruh pada kondisi kenyamanan termal yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena vegetasi memiliki evaporasi alami yang diketahui secara umum dapat menghasilkan oksigen dan juga jika vegetasi yang tinggi dan rimbun dapat menjadi tanaman peneduh dengan guna menahan panas matahari.

1 2 3 4 5 6 7 .5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 1.8 1.9 2.0 2.1 2.2

2.3 2.4 2.5 2.6 Vegetasi PMV Gambar 4.25 Grafik Pengaruh Vegetasi

terhadap Kenyamanan Termal 59 Sumber: Pribadi (2024) Pada bagian vegetasi di tiap-tiap titik memiliki perbedaan PMV yang berbeda pula meskipun kondisi vegetasi serupa (tidak memiliki dengan 0 poin) yaitu pada titik 4 sampai titik 7. Vegetasi memainkan peran dalam menciptakan iklim mikro yang lebih nyaman di sekitar bangunan. Penanaman strategis pohon dan tanaman tidak hanya memberikan naungan dan mengurangi suhu udara melalui evaporasi, tetapi juga dapat berfungsi sebagai windbreak alami. Studi menunjukkan bahwa penggunaan vegetasi yang tepat dapat menurunkan suhu udara sekitar hingga 2-4°C dan mengurangi biaya pendinginan hingga 30% (Akbari dan Taha, 2001). Selain itu, vegetasi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas udara dan estetika lingkungan, menambah nilai ganda pada strategi desain pasif ini. 11 60 BAB V PENUTUP 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu: 1.

Secara umum, dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat kenyamanan pengguna Masjid Jami Al-Hurriyah dapat diketahui dengan observasi lapangan berdasarkan faktor-faktor kenyamanan termal, seperti temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan udara, aktivitas pengguna dan nilai insulasi dari pakaian yang digunakan. 2. Berdasarkan pustaka yang telah dipelajari, hasil PMV pada CBE Thermal Comfort Tools menunjukkan tingkat

panas pada indeks yang cukup tidak nyaman. Namun, hasil tersebut tidak sepenuhnya disesuaikan pada kondisi iklim setempat di negara tropis khususnya Indonesia. Diperlukan adaptasi dan skala lebih lanjut seperti SNI dan pertimbangan pada pustaka bahwa masyarakat dengan iklim sedang-panas tropis cenderung dapat menerima kondisi yang lebih tinggi, sehingga berdasarkan tingkat kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin masih dalam kondisi yang dapat diterima oleh masyarakat pada iklim tropis khususnya di Indonesia. 3. Secara umum, keseluruhan elemen passive cooling dan desain bangunan yang ada pada masjid Jami Al-Hurriyah tidak dapat mempengaruhi kenyamanan termal secara signifikan, dimana CBE Thermal Comfort Tools menyatakan kondisi "warm" (hangat) atau "hot" (panas). Hasil perhitungan PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) juga menunjukkan bahwa persentase pada rata-rata lokasi titik ukur tersebut, jika disimulasikan melalui CBE Thermal Comfort Tools, tidak merasa nyaman. Namun demikian, hal ini belum dapat disimpulkan bahwa strategi passive cooling yang diterapkan belum optimal dalam mengatasi beban panas di dalam masjid. Hal ini terkait penjelasan yang diuraikan pada butir ke- dua. 4. Kesimpulan pada butir ke-dua dan ke-tiga diperkuat dengan adanya pernyataan dari orang-orang yang berada di lokasi masjid Jami Al-Hurriyah menyatakan masih merasa nyaman. Hal tersebut mungkin dikarenakan mereka telah dapat beradaptasi dan terbiasa dengan iklim yang ada (iklim tropis), sedangkan ASHRAE 55 merupakan referensi pengukuran yang tidak dikembangkan di iklim tropis. Fenomena ini menunjukkan adanya perbedaan antara kenyamanan termal yang dirasakan secara subjektif oleh pengguna bangunan dengan standar kenyamanan yang ditetapkan secara objektif berdasarkan hasil simulasi pengukuran. Adaptasi termal jangka panjang penduduk lokal terhadap kondisi iklim setempat memainkan peran penting dalam persepsi kenyamanan mereka. Oleh karena itu, dalam mengevaluasi kenyamanan termal di bangunan- bangunan di daerah tropis, perlu dipertimbangkan untuk mengembangkan standar lokal yang lebih sesuai dengan kondisi seperti SNI dengan simulasi perhitungan dan

karakteristik setempat. 5. Apabila dilihat dari waktu pengukuran yang dilakukan, baik pagi, siang, maupun sore kesemuanya menunjukkan hasil yang konsisten, yakni kondisi yang cenderung hangat hingga panas. Tidak ada perbedaan signifikan dalam tingkat kenyamanan termal antara ketiga waktu pengukuran tersebut.

61 5.2 Saran 5.2.1. Saran untuk Kajian Selanjutnya Dari kesimpulan yang didapatkan, bisa jadi penelitian ini masih jauh dari sempurna dan menghasilkan luaran yang tidak akurat. Untuk itu diusulkan:

1. Mencari alternatif referensi pengukuran lain selain menggunakan ASHRAE 55 yang mungkin lebih sesuai untuk dapat diterapkan di iklim tropis.
2. Adapun acuan nasional yang ada saat ini (SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung) belum dapat digunakan karena tidak disertai dengan tools pengukuran yang dapat menghasilkan angka PMV dan PPD. Untuk itu penelitian lanjutan dapat mengarah pada pengembangan terkait hal ini.

2. Penelitian lebih detail juga dapat dilakukan dengan menyusun kriteria lokasi yang lebih detail dan jumlah titik pengukuran yang lebih banyak. Hal ini akan memungkinkan analisis yang lebih komprehensif terhadap variasi kenyamanan termal di berbagai bagian masjid.
3. Jumlah waktu dan hari pengukuran dapat ditambah untuk mendapatkan data yang lebih representatif, termasuk mempertimbangkan kondisi cuaca yang berbeda-beda. Pengukuran dapat dilakukan selama beberapa minggu atau bulan untuk mencakup variasi musim, serta pada waktu-waktu shalat yang berbeda untuk menangkap dinamika penggunaan masjid.

5.2.2. Saran Praktis Adapun usulan praktis yang dapat disampaikan dari sudut pandang arsitektural yaitu:

1. Meningkatkan sistem ventilasi silang dengan menambah bukaan pada sisi-sisi bangunan yang berhadapan untuk memaksimalkan aliran udara alami di dalam masjid.
2. Meningkatkan performa termal selubung bangunan dengan menerapkan teknologi insulasi modern atau menggunakan material yang memiliki nilai resistansi termal tinggi.
3. Mempertimbangkan orientasi bangunan yang optimal dengan tetap memperhatikan arah kiblat. Untuk sisi-sisi yang terpapar sinar matahari langsung, dapat ditambahkan elemen selubung

REPORT #22042387

tambahan atau vegetasi sebagai penyaring panas. 4. Menambah lapisan finishing dengan material yang berfungsi sebagai isolator panas, seperti cat reflektif, foam insulasi, atau lapisan aerogel. Penggunaan material-material ini dapat membantu mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan. 5. Vegetasi lebih mengutamakan tanaman peneduh dengan tajuk yang besar (yang dapat memproduksi oksigen lebih banyak, seperti pohon beringin, ketapang, atau mahoni) dan menjadi barrier panas ketimbang tanaman perdu atau tanaman hias. Tanaman-tanaman ini tidak hanya memberikan keteduhan tetapi juga membantu menurunkan suhu di sekitar bangunan melalui proses evapotranspirasi. 62



REPORT #22042387

## Results

Sources that matched your submitted document.

● IDENTICAL ● CHANGED TEXT

INTERNET SOURCE		
1.	<b>0.75%</b> archive.org	●
	<a href="https://archive.org/stream/BukuArsitektur/2117_Kenyamanan%20Termal%20Ru..">https://archive.org/stream/BukuArsitektur/2117_Kenyamanan%20Termal%20Ru..</a>	
INTERNET SOURCE		
2.	<b>0.42%</b> journal.uin-alauddin.ac.id	●
	<a href="https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/nucturenature/article/download/14..">https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/nucturenature/article/download/14..</a>	
INTERNET SOURCE		
3.	<b>0.41%</b> ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id	●
	<a href="http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/migaszoom/article/view/2...">http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/migaszoom/article/view/2...</a>	
INTERNET SOURCE		
4.	<b>0.27%</b> binus.ac.id	●
	<a href="https://binus.ac.id/malang/interior/2022/09/26/pendekatan-passive-design-unt...">https://binus.ac.id/malang/interior/2022/09/26/pendekatan-passive-design-unt...</a>	
INTERNET SOURCE		
5.	<b>0.25%</b> www.pinhome.id	●
	<a href="https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/passive-design/">https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/passive-design/</a>	
INTERNET SOURCE		
6.	<b>0.2%</b> ejournal.undip.ac.id	●
	<a href="https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/download/46852...">https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/download/46852...</a>	
INTERNET SOURCE		
7.	<b>0.19%</b> jurnal.polban.ac.id	●
	<a href="https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/5374/3312">https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/5374/3312</a>	
INTERNET SOURCE		
8.	<b>0.18%</b> repository.unpar.ac.id	●
	<a href="https://repository.unpar.ac.id/bitstream/handle/123456789/9597/Cover%20-%2...">https://repository.unpar.ac.id/bitstream/handle/123456789/9597/Cover%20-%2...</a>	
INTERNET SOURCE		
9.	<b>0.15%</b> media.neliti.com	●
	<a href="https://media.neliti.com/media/publications/295463-pengaruh-bukaan-sampin...">https://media.neliti.com/media/publications/295463-pengaruh-bukaan-sampin...</a>	



REPORT #22042387

INTERNET SOURCE		
10.	0.15% journal.unika.ac.id <a href="https://journal.unika.ac.id/index.php/tesa/article/download/10343/pdf">https://journal.unika.ac.id/index.php/tesa/article/download/10343/pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
11.	0.14% www.higienis.com <a href="https://www.higienis.com/blog/kelembapan-udara-ideal-faktor-kunci-untuk-ke...">https://www.higienis.com/blog/kelembapan-udara-ideal-faktor-kunci-untuk-ke...</a>	●
INTERNET SOURCE		
12.	0.13% www.infopol.co.id <a href="https://www.infopol.co.id/2024/05/penerapan-desain-pasif-pada-bangunan.html">https://www.infopol.co.id/2024/05/penerapan-desain-pasif-pada-bangunan.html</a>	●
INTERNET SOURCE		
13.	0.13% repository.unmul.ac.id <a href="https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/56071/Pengaruh%2..">https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/56071/Pengaruh%2..</a>	●
INTERNET SOURCE		
14.	0.1% id.linkedin.com <a href="https://id.linkedin.com/pulse/apa-yang-harus-dipertimbangkan-dalam-meranca..">https://id.linkedin.com/pulse/apa-yang-harus-dipertimbangkan-dalam-meranca..</a>	●
INTERNET SOURCE		
15.	0.09% e-journal.uajy.ac.id <a href="http://e-journal.uajy.ac.id/29798/2/215026575_Bab%201.pdf">http://e-journal.uajy.ac.id/29798/2/215026575_Bab%201.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
16.	0.09% constructive-voices.com <a href="https://constructive-voices.com/id/passive-cooling-and-natural-ventilation-trad...">https://constructive-voices.com/id/passive-cooling-and-natural-ventilation-trad...</a>	●
INTERNET SOURCE		
17.	0.09% gaya.tempo.co <a href="https://gaya.tempo.co/read/1669830/inilah-warna-baju-yang-paling-banyak-dan..">https://gaya.tempo.co/read/1669830/inilah-warna-baju-yang-paling-banyak-dan..</a>	●
INTERNET SOURCE		
18.	0.09% media.neliti.com <a href="https://media.neliti.com/media/publications/221074-kajian-penerapan-materia...">https://media.neliti.com/media/publications/221074-kajian-penerapan-materia...</a>	●
INTERNET SOURCE		
19.	0.08% talentaconfseries.usu.ac.id <a href="https://talentaconfseries.usu.ac.id/ee/article/download/415/360/">https://talentaconfseries.usu.ac.id/ee/article/download/415/360/</a>	●
INTERNET SOURCE		
20.	0.08% repository.uinjkt.ac.id <a href="https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/26503/1/LILIK%20M...">https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/26503/1/LILIK%20M...</a>	●



REPORT #22042387

INTERNET SOURCE

21. **0.07%** [dspace.uui.ac.id](https://dspace.uui.ac.id)

<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/47265/033%20SAKAPARI%..>

INTERNET SOURCE

22. **0.04%** [eprints.perbanas.ac.id](http://eprints.perbanas.ac.id)

<http://eprints.perbanas.ac.id/10993/4/BAB%20I.pdf>

## QUOTES

INTERNET SOURCE

1. **0.34%** [metro.sindonews.com](https://metro.sindonews.com)

<https://metro.sindonews.com/read/737489/171/nuansa-teduh-masjid-al-hurriya..>

INTERNET SOURCE

2. **0.31%** [repository.ub.ac.id](http://repository.ub.ac.id)

<http://repository.ub.ac.id/12317/4/Muhammad%20Syamsul%20Bahri.pdf>

INTERNET SOURCE

3. **0.26%** [dspace.uui.ac.id](https://dspace.uui.ac.id)

<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/47214/016%20SAKAPARI%..>

INTERNET SOURCE

4. **0.15%** [media.neliti.com](https://media.neliti.com)

<https://media.neliti.com/media/publications/206679-pengaruh-bukaan-terhada...>

INTERNET SOURCE

5. **0.15%** [nasional.okezone.com](https://nasional.okezone.com)

<https://nasional.okezone.com/read/2022/04/08/337/2575682/mnc-group-bangu...>

INTERNET SOURCE

6. **0.14%** [ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id](http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id)

<http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/migaszoom/article/view/2...>

INTERNET SOURCE

7. **0.13%** [www.wisatala.com](https://www.wisatala.com)

<https://www.wisatala.com/masjid-indonesia/>

INTERNET SOURCE

8. **0.1%** [www.mariyudi.id](https://www.mariyudi.id)

<https://www.mariyudi.id/p/04-bagaimana-cara-melakukan-penelitian.html>



REPORT #22042387

INTERNET SOURCE

9. **0.1%** repository.ar-raniry.ac.id

<https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/14062/1/Buku%20-%20Metode%20Pe..>

INTERNET SOURCE

10. **0.09%** repository-penerbitlitnus.co.id

<https://repository-penerbitlitnus.co.id/80/1/METODOLOGI%20PENELITIAN%20P...>

INTERNET SOURCE

11. **0.08%** core.ac.uk

<https://core.ac.uk/download/pdf/322774368.pdf>

INTERNET SOURCE

12. **0.07%** video.okezone.com

<https://video.okezone.com/play/2022/04/18/66/147208/megahnya-masjid-al-hu...>

INTERNET SOURCE

13. **0.05%** core.ac.uk

<https://core.ac.uk/download/pdf/198116763.pdf>