

**NASKAH ORISINAL**

# Evaluasi Adaptasi Kondisi Termal Gereja Cagar Budaya di Lingkungan Tropis Perkotaan (Studi Kasus: GPIB Immanuel Kota Malang)

FX Teddy Badai Samodra\* | Sri Nastiti Nugrahani Ekasiwi | I Gusti Ngurah Antaryama | Ima Defiana | Erwin Sudarma

Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Korespondensi

\*FX Teddy Badai Samodra, Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: samodra@its.ac.id

## Alamat

Laboratorium Sains dan Teknologi Arsitektur, Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Abstrak

Selaras dengan salah satu tujuan dari pembangunan berkelanjutan dalam bidang pemukiman (*habitation*), yaitu membangun kota dan permukiman yang inklusif, sehat, aman, awet, dan berkelanjutan, maka kualitas lingkungan yang baik menjadi penting. GPIB (Gereja Protestan di Indonesia bagian Barat) Immanuel Kota Malang merupakan bangunan cagar budaya yang berada di daerah beriklim tropis lembap, di lingkungan perkotaan padat bangunan. Tujuan dari kegiatan pengabdian pada masyarakat ini adalah menyelesaikan permasalahan yang disampaikan oleh Mitra GPIB terkait kondisi tempat ibadah yang tidak nyaman secara termal. Metode pengabdian pada masyarakat dilaksanakan dengan pengukuran, simulasi/perhitungan, dan analisis termal eksisting yang diselesaikan dengan pemasangan pengkondisi udara, namun masih ada keluhan penataan yang harmonis dan estetis. Hasil dari kegiatan ini berupa rancangan usulan perbaikan kondisi lingkungan di ruang ibadah. Seiring dengan program pengembangan sarana dan prasarana ibadah sebagai bangunan cagar budaya, peningkatan kondisi lingkungan diutamakan dengan mempertahankan kualitas sebagai bangunan yang dilindungi pemerintah.

## Kata Kunci:

*Adaptation, Hangat lembap, Kenyamanan termal, Selective environment, Sustainable*

## 1 | PENDAHULUAN

### 1.1 | Latar Belakang

Rancangan arsitektur sangat erat hubungannya dengan iklim dan kenyamanan pengguna. Arsitektur mempunyai peran dalam rancangan lingkungan, dimana bentuk dan bahan bangunan bertindak sebagai perantara antara lingkungan alam yang terbentuk

(iklim), dan kondisi lingkungan yang di dalamnya harus menciptakan lingkungan yang nyaman. Pada iklim tropis yang ditandai dengan kondisi rata-rata yang panas dan lembap, pencapaian kondisi kenyamanan termal sulit dicapai. Kondisi padat dengan jarak antar bangunan yang sempit di lokasi padat hunian memperparah kondisi tersebut.

GPIB Immanuel Kota Malang berada di lokasi padat perkotaan pusat Kota Malang. Pada awalnya dirancang dengan memperhatikan persoalan-persoalan lingkungan sebagai bangunan cagar budaya di masa lalu. Namun dalam perkembangan lingkungan yang sangat cepat dan pasca huni yang sudah lebih dari seratus tahun, keluhan terjadi bahwa kondisi tempat ibadah yang kurang nyaman, baik dari segi penghawaan, akustik, maupun pencahayaan.

Gedung Gereja GPIB Immanuel Malang adalah salah satu produk arsitektur masa lalu. Usia bangunan ini sudah melebihi 100 tahun. Mewakili keunikan karya rancang jaman Hindia Belanda, maka bangunan ini dimasukkan sebagai bangunan cagar budaya yang dilestarikan oleh Pemerintah Kota Malang. Namun, produk Arsitektur masa lalu yang sangat sesuai fungsinya untuk melakukan aktifitas beribadah pada jamannya ini bergeser menjadi kurang sesuai, apabila ditinjau dari kebutuhan dan pola aktivitas penggunaannya saat ini. Sehingga, adaptasi terhadap kebutuhan dan pola aktivitas yang berubah ini tidak dapat dihindarkan dan haruslah dilakukan dengan tetap mengindahkan prinsip konservasi bangunan cagar budaya<sup>[1][2][3]</sup>. Sebagai bangunan yang telah ditetapkan sebagai cagar budaya serta *living monument*<sup>[4]</sup>, tindakan pelestarian gereja ke depannya telah ditetapkan berdasarkan peraturan yang ada, namun perlu adanya batasan yang detail mengenai tindakan yang boleh dan tidak boleh dilakukan pada tiap elemen arsitekturalnya. Hal tersebut dikarenakan tiap elemen memiliki kondisi dan ketahanan material yang berbeda, sehingga sebelum memutuskan tindakan yang diambil dalam perawatan Gereja, perlu adanya studi terlebih dahulu terhadap bangunan. Faktor-faktor seperti agama, kebutuhan, faktor iklim, estetika, dan perubahan di sekitar lokasi studi perlu dipertimbangkan<sup>[5]</sup>.

## 1.2 | Strategi Kegiatan

Dalam lingkup lokal, topik kegiatan ini sangat mendukung Topik Unggulan 2023 terkait Pengembangan Wilayah Berkelanjutan, yaitu Pengembangan isu dan jejaring permasalahan pengelolaan lingkungan dan kawasan berbasis inovasi dan *smart approach*; kegiatan yang dikoordinasi oleh Pusat Kajian Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam Pemukiman (*Habitation*) – Membangun kota dan pemukiman manusia yang inklusif, aman, awet/ kuat, dan berkelanjutan dengan meningkatkan kualitas lingkungan bina (*built environment*) pada umumnya dan sarana pendidikan di kawasan padat hunian (*Sustainable Development Goals 11* terkait *Sustainable Cities and Communities*).

Tujuan utama kegiatan Pengabdian pada Masyarakat ini adalah menawarkan alternatif solusi rancangan beradaptasi dengan iklim. Menambahkan hasil pengabdian masyarakat sebelumnya<sup>[6]</sup>, usulan rancangan lingkungan termal, mencakup penggunaan elemen-elemen bangunan, yaitu bukaan/jendela dan elemen-elemen penunjangnya, dinding, serta atap dengan tidak menutup kemungkinan penggunaan alat bantu. Arahan rancangan arsitektural gedung Gereja GPIB Immanuel Malang dalam kerangka “*sustainability*,” yakni peningkatan kualitas kenyamanan termal dalam ruang ibadah sesuai kebutuhan pengguna. Sasaran utamanya adalah pengelola/pemegang kebijakan pembangunan/renovasi dan komunitas pengguna (jemaat) GPIB Immanuel Malang.

## 1.3 | Target Luaran

Hasil yang diharapkan dari kegiatan Pengabdian pada Masyarakat ini berupa analisis dan valuasi ketidaknyamanan termal dan usulan rancangan awal penataan ruangan yang harmonis dan estetis yang diserahkan kepada mitra GPIB.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 | *Selective Environment, Kenyamanan Lingkungan, dan Aspek Rancangan yang Mempengaruhi Panas dan Penghawaan Ruangan*

Rancangan lingkungan dengan menggunakan moda selektif<sup>[7]</sup>, yang mana kekhasannya adalah arsitektur itu akan baik jika bekerja bersama alam, bukan melawan alam. Terminologi mode selektif sendiri bila disandingkan dengan mode *exclusive* bisa berupa alternatif lain, atau sebagai lawannya. Moda selektif mencakup tiga prinsip, yaitu memaksimalkan penggunaan kondisi *ambient*, menggantikan energi dari sumber tidak terbarukan menjadi terbarukan, meminimalkan penggunaan alat listrik yang mengonsumsi energi dalam proses pengendalian lingkungan, dan melatih pengguna bangunan mempunyai peluang-peluang

mengontrol bangunannya sendiri. Standar kenyamanan lingkungan dikemukakan oleh beberapa ahli dari hasil studinya, ada juga yang sudah dibakukan menjadi acuan dalam penelitian. Kisaran temperatur yang dapat diterima adalah antara 20,9°C dan 30,4°C<sup>[8]</sup>.

Rekomendasi ASHRAE 55 (2004)<sup>[9]</sup> untuk standar kenyamanan memperhatikan adaptasi penghuni terhadap kondisi termal bangunan, sehingga menghasilkan toleransi terhadap kondisi termal lebih tinggi. Dalam lingkup iklim tropis, beberapa peneliti menghasilkan rentang kenyamanan termal<sup>[10]</sup>. Sedangkan SNI 6390-2011 membakukan bahwa temperatur nyaman dalam rentang  $2,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$  RH  $60,0 \pm 5,0\%$ . Panas ruangan terjadi karena hantaran panas yang diterima selubung bangunan terpancar ke dalam ruangan. Adapun aspek yang dimaksud adalah bentuk bangunan yang dinyatakan dalam perbandingan antara total luas permukaan terhadap keseluruhan volumenya (*surface to volume ratio*)<sup>[11]</sup>. Hal lain yang bisa mengindikasikan bentuk adalah perbandingan antara panjang banding lebar bangunan (*aspect ratio*)<sup>[12] [13] [14] [15] [16] [17] [18]</sup>.

Strategi rancang bangunan dengan sistem penghawaan alami mendorong terjadinya pergerakan angin dan meminimalisir penerimaan panas<sup>[19] [20]</sup>. Selubung bangunan memiliki area bukaan yang cukup luas untuk mengalirkan angin dan orientasi bangunan terhadap matahari diwakili dengan arah mata angin. Bukaan bangunan beserta kelengkapannya, lazim disebut *fenestration* dengan ukuran jendela, posisi, jenis kaca, serta peneduh atau pembayang matahari. Selain berpengaruh pada panas bangunan, bukaan bangunan mempengaruhi efektifitas penghawaan, yang dapat membantu penghapusan panas ruangan.

## 2.2 | Prinsip Peningkatan Kualitas Rancangan pada Bangunan Cagar Budaya

Upaya untuk melestarikan dan melindungi bangunan bersejarah yang bertujuan untuk memahami masa lalu dan memperkaya masa kini, sehingga bermanfaat bagi perkembangan kota, dan generasi masa datang melalui penerapan berbagai metoda pelestarian<sup>[21] [22] [23]</sup>. Upaya preservasi mengandung arti mempertahankan peninggalan arsitektur dan lingkungan kuno persis dengan keadaan semula. Karena sifat pendekatan preservasi yang statis, maka upaya pelestarian juga merupakan pendekatan konservasi yang dinamis, tidak hanya mencakup bangunannya saja, akan tetapi juga lingkungan (*conservation areas*) serta kota bersejarah (*historic towns*). Dengan pendekatan preservasi dan juga konservasi, berbagai kegiatan dapat dilakukan, mulai dari inventarisasi bangunan bersejarah, kolonial maupun tradisional, upaya pemugaran (restorasi, rehabilitasi, rekonstruksi, sampai dengan revitalisasi). Prinsip pelestarian dilandasi atas penghargaan terhadap keadaan semula dari suatu tempat supaya tidak mengubah bukti-bukti sejarah yang dimilikinya. Sesuai dengan peraturan pemerintah mengenai konservasi bangunan cagar budaya (Undang-Undang Republik Indonesia No. 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya)<sup>[2] [3] [6]</sup>, khusus untuk interior dan sistem utilitas bangunan, maka yang harus diperhatikan adalah seperti ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Tabel 2 .

**Tabel 1** Sistem Mekanikal/Utilitas

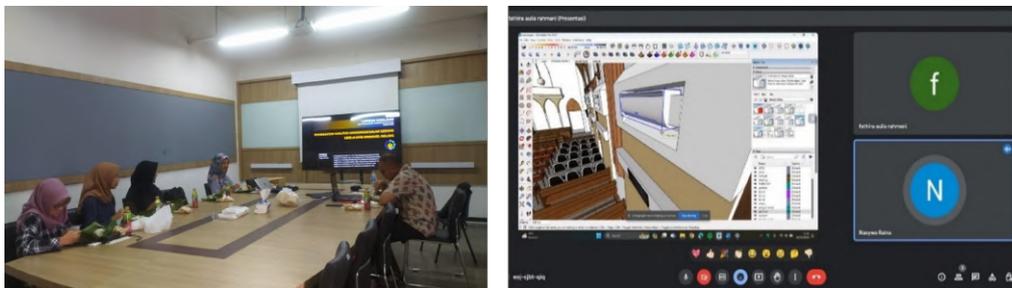
Dianjurkan	Tidak Dianjurkan
Mempertahankan seluruh elemen mekanikal yang penting yang mendefenisikan karakter bangunan secara keseluruhan seperti penghawaan, kipas, jalusi, pipa, keran dan lampu	Memasang instalasi AC di tempat-tempat yang dapat merusak tampilan atau mengganggu estetika tampak bangunan cagar budaya, hindari suhu dingin yang berlebihan sehingga menyebabkan kelembapan interior bangunan
Mengganti bagian instalasi mekanikal elektrik yang rusak yang disesuaikan dengan karakter bangunan	Membuat papan tanda/nama yang dapat merusak dinding/penampulan keasrian bangunan
Memasang papan tanda atau nama dengan memperhitungkan kekuatan elemen yang dibebaninya, membuat papan/ tanda/ nama dengan warna dan bentuk yang tidak mengganggu atau bertentangan dengan karakter atau citra bangunan tersebut	

**Tabel 2** Unsur Interior Bangunan Gedung dan Lingkungan Cagar Budaya

Dianjurkan	Tidak Dianjurkan
Mempertahankan denah lantai asli	Mengubah karakter dan “citra asal” interior bangunan gedung tersebut
Mempertahankan unsur interior asli	Mengganti dan memasang material baru yang kualitas dan karakternya berbeda dengan citra asal

### 3 | METODE KEGIATAN

Luaran yang berupa usulan rancangan dari kegiatan ini tidak serta merta berasal dari tim pengabdian, namun juga melibatkan peran serta mitra, yakni pengelola, Yayasan dan pengguna GPIB Immanuel Kota Malang. Hal ini diharapkan agar rancangan benar-benar ramah pengguna (*respect to users*). Untuk itu strategi yang diterapkan adalah: *case-based design* dan *community-based design*; *Case-based Design* (rancangan berbasis kasus) kasus didalami dari data fisik dan pengukuran penghawaan; *Community-based design* (rancangan berbasis komunitas) komunitas yang terdiri dari pengelola GPIB Immanuel Kota Malang dilibatkan dalam penjarangan masalah yang dihadapi serta masukan yang terkait. Strategi yang dipakai untuk mencapai tujuan dan sasaran dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah dengan cara *community involvement based* dimana semua *stakeholders* yang berkepentingan dalam rencana renovasi interior ruang ibadah Gereja GPIB Immanuel Malang diikutsertakan dalam pengidentifikasian masalah hingga penentuan *guidelines* dan usulan alternatif desain yang diajukan (Gambar (1 ) dan (2 )).



**Gambar 1** Proses Diskusi Internal Pengabdian pada Masyarakat.



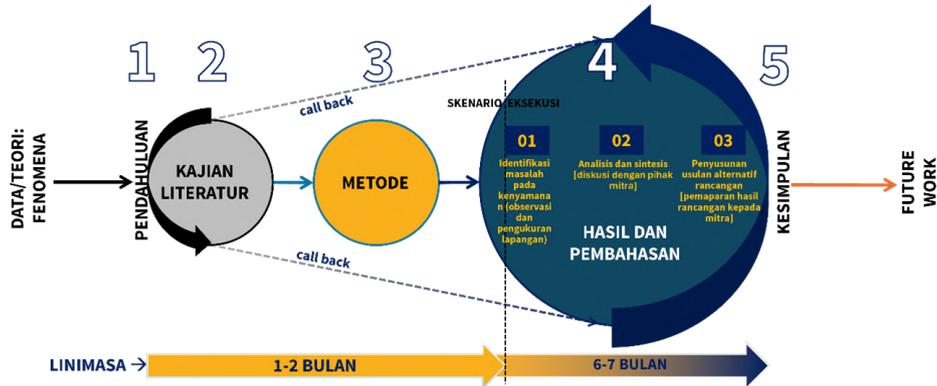
**Gambar 2** *Community involvement based* (Awal dan Akhir)..

Pertemuan rutin dengan para *stakeholders* dilaksanakan pada setiap tahap kegiatan, yakni tahap identifikasi, analisis, dan sintesis permasalahan; usulan *guidelines* dan alternatif rancangan; serta pelaporan hasil Pengabdian pada Masyarakat (Gambar (3 )).



Gambar 3 Pertemuan dengan Stakeholders.

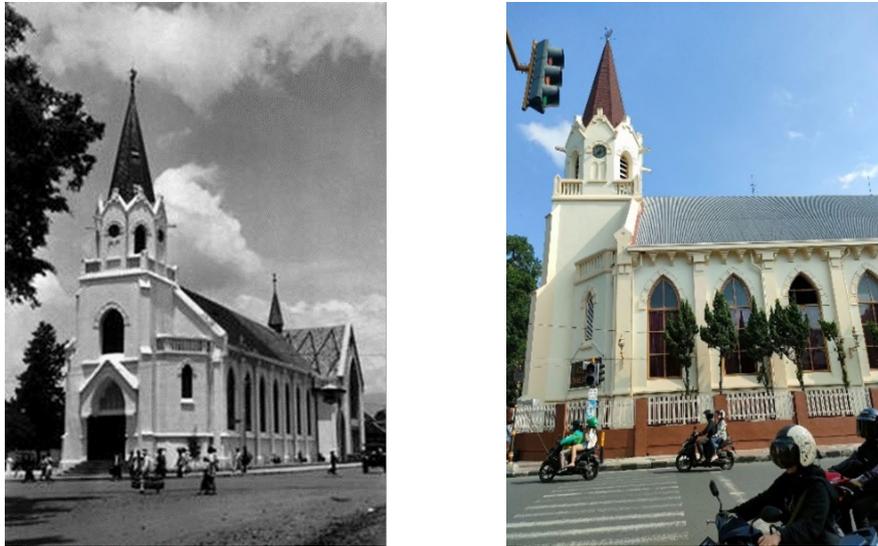
Yang termasuk dalam *stakeholders* adalah ketua majelis jemaat (pendeta), para presbitter, seksi pemeliharaan dan pembangunan gedung gereja, serta beberapa wakil jemaat. Hasil dari tiap tahapan dilaporkan secara terbuka berupa presentasi/laporan yang dapat dibaca oleh semua anggota jemaat dan pengurus harian gereja serta diberikan ruang untuk masukan berupa saran dan kritik. Secara umum, informasi metode kegiatan Pengabdian pada Masyarakat ini dapat dijelaskan dalam Diagram Alir (Gambar (4 )) dan Detail Kegiatan (Tabel 3 ).



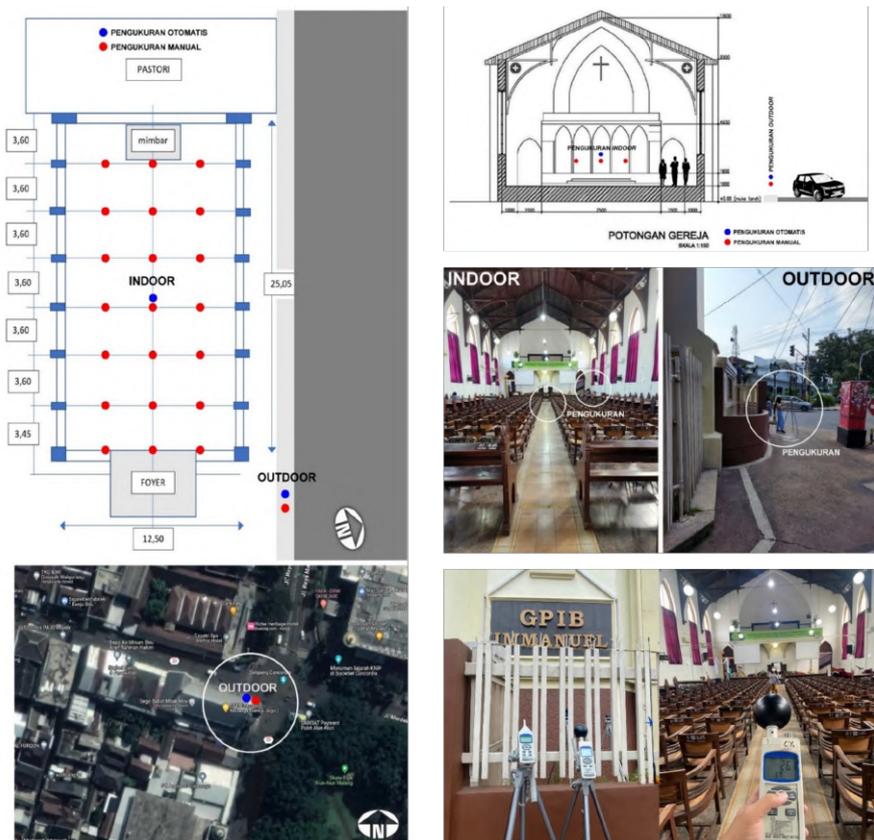
Gambar 4 Proses Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat.

Tabel 3 Detail Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat

No	Informasi	Keterangan
1	What	Evaluasi Adaptasi Kondisi Termal Gereja Cagar Budaya di Lingkungan Tropis Perkotaan
2	Who	Mitra GPIB Immanuel Malang sebagai <i>stakeholders</i>
3	Why	Perlunya penyelesaian permasalahan yang disampaikan oleh Mitra GPIB terkait kondisi ruang utama (tempat ibadah) yang tidak nyaman secara termal
4	When	Mei-Desember 2023
5	Where	Jalan Arif Rahman Hakim No. 1 Malang 65119
6	How	<i>Community involvement based</i> dimana semua <i>stakeholders</i> yang berkepentingan dalam rencana renovasi interior ruang ibadah Gereja GPIB Immanuel Malang diikuti sertakan dalam pengidentifikasian masalah hingga penentuan <i>guidelines</i> dan usulan alternatif rancangan



**Gambar 5** Kondisi Bangunan GPIB Immanuel Malang sekitar Tahun 1935 (kiri) dan Sekarang (kanan). (Sumber: ngalam.id<sup>[24]</sup>; Survei Lapangan 2023).



**Gambar 6** Lokasi, Ruang, dan Titik Pengukuran.

Objek Pengabdian pada Masyarakat GPIB Immanuel di Kota Malang, Jawa Timur, telah dibangun sejak 31 Oktober 1861 oleh pemerintah Hindia Belanda (Gambar (5)). Gereja ditetapkan sebagai salah satu bangunan cagar budaya Kota Malang. Pemerintah Kota Malang juga menentukan 31 benda budaya lainnya, dengan mengacu pada Undang-undang Nomor 11 tahun

2010 dan Perda Nomor 1 Tahun 2018 tentang Cagar Budaya. GPIB Immanuel merupakan gereja tertua yang berdiri sejak tahun 1861. Tempat peribadatan bagi umat Kristiani ini telah mengalami beberapa kali renovasi, antara lain 1912 dan 2005.

Menurut catatan sejarah, pada 1912 Gereja Protestan ini pernah dibongkar, namun dibangun kembali dengan bentuk yang sama seperti yang tampak sekarang. Karena bentuknya sangat sederhana, pada tahun 1912 dibongkar dan dibangun kembali dengan gereja *Gothic*. Pada awalnya gedung gereja menjadi satu dengan Kantor Majelis Jemaat GPIB Jemaat Immanuel Malang. Pada tahun 1991, diadakan renovasi dan tambahan bangunan untuk Kantor Majelis Jemaat di bagian belakang gedung gereja serta pengalihan fungsi Kantor Majelis Jemaat di lantai 2 menjadi Pastori.

Perencanaan bangunan GPIB Immanuel terdiri 1 ruang ibadah utama dengan 2 balkon di depan dan di depan beserta beberapa fasilitas pendukung. Dalam Pengabdian pada Masyarakat ini, ruang yang menjadi fokus sesuai laporan keluhan pengelola dan penggunaan adalah lantai 1 ruang utama/ ibadah dengan 21 titik sampel pengukuran manual kuantitatif termal dalam bangunan dan 1 sampel di luar bangunan/ *outdoor* (Gambar (6)). Pengukuran secara otomatis dengan data *logger* dan *recorder*, dilaksanakan di ruang dalam (*indoor*) dan di luar (*outdoor*).

## 4 | HASIL DAN DISKUSI

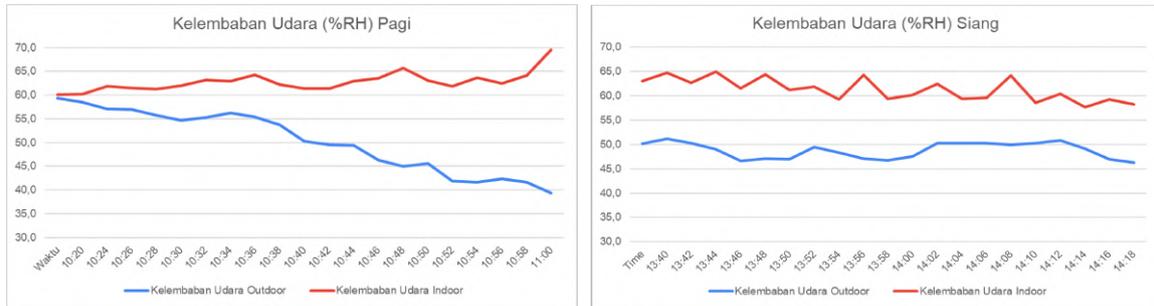
### 4.1 | Evaluasi Kondisi Termal

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat dilihat bahwa saat pagi hari, suhu dalam ruangan cukup stabil pada rata-rata suhu 27,8°C dan suhu udara di luar ruangan lebih tinggi dari *indoor* dengan range suhu 29,4-38,1°C (Gambar (7)). Dimana rata-rata suhu *indoor* ini lebih rendah 5,2°C daripada suhu *outdoor*. Sedangkan pada siang hari, suhu *outdoor* mulai naik lebih tinggi daripada saat siang hari dengan range suhu 32,0-34,2°C dengan rata-rata 33,0°C. Sedangkan suhu di dalam bangunan saat siang hari rata-rata adalah 28,8°C dengan range 27,5-29,4°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu saat siang hari akan lebih tinggi pada pagi hari, sehingga ruangan terasa lebih panas saat siang hari daripada pagi hari. Pada pagi hari, suhu udara di dalam ruangan pada bagian kanan yang paling terekspos dengan sinar matahari memiliki suhu yang lebih tinggi daripada area dalam ruangan lainnya.



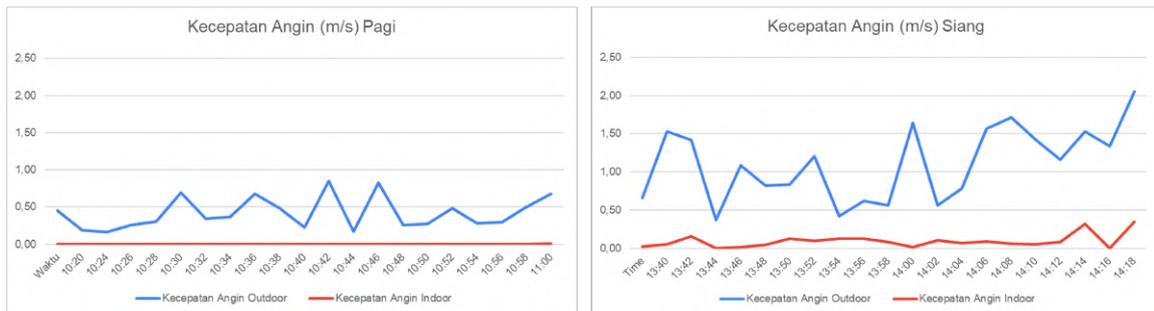
**Gambar 7** Suhu Udara Pagi dan Siang.

Kelembapan udara adalah perbandingan antara jumlah uap air pada udara dengan jumlah maksimum uap air yang udara bisa tampung pada temperatur tersebut. Kelembapan udara di sebuah tempat akan mempengaruhi terjadinya perpindahan panas dari dan menuju tubuh. Lingkungan yang mempunyai kelembapan tinggi mencegah penguapan keringat dari kulit. Di lingkungan yang panas, semakin sedikit keringat yang menguap karena kelembapan tinggi, sehingga kegerahan bagi individu yang berada di lingkungan tersebut. Dari hasil pengukuran saat pagi hari, kelembapan udara relatif (RH) di luar ruangan ada pada range 39,3-59,4% dan rata-rata 50,3% (Gambar (8)). Sedangkan di dalam ruangan lebih tinggi dengan range kelembapan udara 60,1-69,5% dan rata-rata adalah 62,8%. Pada siang hari, kelembapan udara rata-rata semakin menurun, yaitu di luar ruangan ada pada range 46,3-51,1% dan rata-rata 48,8%, dan dalam ruangan ada pada range 57,6-64,9% dan rata-rata 61,3%. Pada saat pagi hari, seluruh bagian ruangan lembap dengan area paling lembap adalah di bagian belakang. Sedangkan pada saat siang hari, area depan dan kiri bangunan lebih lembap daripada area kanan yang terpapar sinar matahari.



**Gambar 8** Kelembaban udara pagi dan siang.

Kecepatan angin merupakan faktor yang penting dalam kenyamanan termal. Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya. Udara yang tidak bergerak dalam ruangan tertutup akan menyebabkan pengguna ruangan merasa kaku ataupun berkeringat. Semakin tidak nyaman, kecepatan angin yang dibutuhkan semakin tinggi. Dari hasil pengukuran saat pagi hari, kecepatan angin di luar ruangan ada pada range 0,2-0,9 m/s dan rata-rata 0,4 m/s (Gambar (9)). Sedangkan di dalam ruangan lebih rendah dengan range kecepatan angin 0,0-0,1 m/s dan rata-rata adalah 0,00 m/s. Pada siang hari, kecepatan angin relatif semakin meningkat, yaitu di luar ruangan ada pada range 0,4-2,1 m/s dan rata-rata 1,1 m/s, dan dalam ruangan ada pada range 0,0-0,4 m/s dan rata-rata 0,1 m/s. Pada siang hari, angin hampir tidak menyebar ke area dalam ruangan karena memang kondisi saat pengukuran dilakukan jendela atas atau boventlight ditutup. Sedangkan pada siang hari, angin dapat masuk ke area dalam ruangan dengan angin paling cepat datang dari area kanan bangunan yang menjadi arah masuknya angin. Angin paling cepat cenderung dibagian belakang bangunan.



**Gambar 9** Kecepatan angin pagi dan siang.

## 4.2 | Analisis dan Strategi Adaptasi dan Perbaikan

Suhu pada level kenyamanan di luar ruangan (*human thermal comfort zone*) menurut *bioclimatic chart* Szokolay adalah suhu 20,0-30,0°C dengan kelembapan 30,0-65,0%<sup>[9][19]</sup>. Menambahkan temuan dan verifikasi peraturan sebelumnya<sup>[25]</sup>, suhu dalam ruangan dianggap sehat saat berkisar pada 18,0-26,0°C. Batas kenyamanan termal juga disebutkan berdasarkan SNI 03-6572-2001<sup>[26]</sup>, dimana suhu nyaman ada pada range 22,8-25,8°C dan ambang batas 28,0°C dengan kelembapan 70,0% (menambahkan temuan sebelumnya<sup>[6][25]</sup>). Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran, kisaran suhu udara dalam ruangan di pagi hari adalah 25,4-28,2°C dan 27,5-29,4°C di siang hari. Saat siang hari, suhu dalam ruangan cenderung melebihi ambang batas kesehatan dan kenyamanan dalam bangunan. Terkait penggunaan AC saat ini, yaitu AC dengan spesifikasi 1,5 PK dengan jumlah 8, tidak mampu mendinginkan ruangan dengan luas 25,05m x 12,50m. Apabila dihitung dengan merujuk pada spesifikasi AC di pasaran, AC 1,5 PK dengan jumlah 8 dapat mendinginkan ruangan pada 96.000 Btu/h. Sedangkan apabila dihitung dengan acuan kebutuhan AC pada ruangan 25,05m x 12,50m, seharusnya membutuhkan pendinginan sebesar 168.418.125 Btu/h. Maka, AC saat ini kurang dapat mendinginkan seluruh ruang dalam gereja. Dari detail perhitungannya merujuk pada spesifikasi AC

di pasaran AC Saat Ini, AC yang dapat dikatakan sesuai dengan ruangan tersebut adalah AC dengan spesifikasi 2,5 PK dengan jumlah 8 buah.

Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata kelembapan udara relatif indoor pada pagi hingga siang hari berada di angka 62.8-61,3%, sedangkan rata-rata kelembapan udara outdoor pada pagi hingga siang hari berada di angka 50,3-48,8%. Berdasarkan SNI 03-6572-2001<sup>[26][27]</sup>, angka tersebut menunjukkan bahwa kelembapan udara *indoor* masih nyaman dan cenderung ke ambang batas kurang nyaman, sedangkan kelembapan udara *outdoor* berada pada posisi sejuk hingga nyaman. Saat siang hari jendela dibuka, angin bisa memasuki ruangan dengan kecepatan yang relatif kecil, namun mencapai angka tertinggi, yaitu 0,30 m/s dimana termasuk kategori diantara *unnoticed* (0,2 m/s) dan *pleasant* (0,5 m/s)<sup>[19][20]</sup>. Namun pada suhu yang cukup panas atau *overheated*, angin dengan kecepatan 2,0 m/s dapat memberikan kenyamanan. Pergerakan angin saat siang hari ada pada kisaran 0,4-2,1 m/s. Angka ini cukup tinggi dan baik apabila dimasukkan ke dalam bangunan saat suhu dalam bangunan mulai panas atau meningkat. Maka dari itu, saat siang hari suhu mulai naik, jendela dapat dibuka untuk mengalirkan angin untuk masuk ke dalam bangunan sehingga tercipta *cross-ventilation*. Apabila mempertimbangkan Gereja GPIB Immanuel sebagai bangunan bersejarah, maka intervensi yang diberikan perlu seminimal mungkin. Penggunaan jendela tenda ini dapat menjadi salah satu strategi. Contoh bangunan yang menerapkan strategi ini adalah *Francis Scott Key Hotel* di Frederick, Maryland. *Francis Scott Key Hotel* ini merupakan hotel bersejarah yang dibuka sejak tahun 1923 di Maryland<sup>[28]</sup>.

*Evaporative cooling* pada *louver* sebagai strategi desain pasif pada bagian yang terekspos dengan arah masuk angin (utara). Strategi ini dapat bermanfaat untuk memberikan pembayangan dari radiasi matahari, menyediakan *radiative cooling* dari pendinginan *louver* ke dalam bangunan, menyediakan pendinginan melalui penghawaan dengan bantuan pergerakan angin<sup>[16][29][30][31][32]</sup>. Penggunaan *evaporative cooling* ini perlu dipertimbangkan kembali karena akan mengurangi nilai bersejarah bangunan karena menutupi fitur-fitur bersejarah pada Gereja GPIB Immanuel Malang. Terkait dengan penggunaan AC yang sudah ada saat ini, apabila dihitung, penggunaan AC saat ini kurang mencukupi untuk mendinginkan ruangan dengan ukuran 25,05m x 12,5m. Strategi yang dapat dilakukan adalah mengganti AC yang sudah ada dengan PK yang lebih tinggi atau menambahkan AC model *standing* atau mengganti semua pendingin dengan AC model *standing*. Walaupun tidak dapat mendinginkan secara merata, tetapi AC *standing* dapat dijadikan alternatif solusi pada area yang tidak terjangkau oleh AC. Selain mampu mendinginkan ruangan secara maksimal, AC model *standing* dinilai lebih memiliki nilai estetika dibandingkan dengan penggunaan AC *split* seperti yang digunakan pada saat ini. Model dan warna AC model *standing* pun beragam, bisa disesuaikan dengan kondisi ruangan. Menambahkan ide integrasi aspek atau sitem bangunan untuk efisiensi dan tampilan ruang<sup>[33][34]</sup>, apabila tetap dirancang dengan AC *split*, maka rancangan terintegrasi dengan tetap mempertahankan nilai cagar budaya dan elemen utilitas lain seperti elektroakustik dapat diusulkan seperti ditunjukkan oleh usulan di Gambar (10).



**Gambar 10** Usulan rancangan ruang terintegrasi cagar budaya.

## 5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi terhadap adaptasi kondisi termal GPIB Immanuel Kota Malang sebagai bangunan cagar budaya di lingkungan tropis perkotaan telah terlaksana dengan baik dan menghasilkan karya berupa *guidelines* pada rencana peningkatan kualitas interior ruang ibadah yang *sustainable* dan memperhatikan prinsip konservasi bangunan cagar budaya. Pengabdian pada Masyarakat ini selain menghasilkan kontribusi praktis, yakni memberi *guidelines* untuk rencana renovasi interior ruang ibadah, juga diarahkan dapat memberi pembelajaran kepada masyarakat kota/ *communities* secara lebih luas. Saran untuk keberlanjutan kegiatan Pengabdian pada Masyarakat atau penelitian selanjutnya adalah berupa evaluasi dan usulan rancangan integrasi semua aspek lingkungan selain termal dan pencahayaan. Hal yang bisa diusulkan, yaitu dengan pengendalian kebisingan atau akustik, mengingat berada di konteks lingkungan yang padat sumber kebisingan pusat perkotaan.

## 6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian pada Masyarakat ini didukung oleh Pendanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Tematik, Dana Departemen *Batch* 2 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun 2023 Nomor: 2525/PKS/ITS/2023. Penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan teknis dan finansial.

## Referensi

1. Wibowo AA, Hidayat S, Wijayaningtyas M. Analisis Kinerja Gereja Cagar Budaya berbasis Greenship. *INFOMANPRO* 2022;11(2):38–43.
2. Malang MBPPDK. ANALISIS KELAYAKAN PENANGANAN PELESTARIAN CAGAR BUDAYA KOTA MALANG;.
3. Indonesia R. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 Tentang Cagar Budaya. Jakarta 2010;.
4. Yusran YA, Hadinata S. Evaluasi keaslian Gereja Protestan di Indonesia bagian Barat (GPIB) Immanuel (Gereja Merah) Kota Kediri berdasarkan Nara grid. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur* 2019;4(1):1–12.
5. Leatimia IY, Hasbi RM. Transformasi Fasad pada Bangunan Kolonial Gereja Gpib Immanuel Kota Depok Lama. *Vitruvian: Jurnal Arsitektur, Bangunan, dan Lingkungan*;9(1):57–68.
6. Dinapradipta A, Ekasiwi SNN, Sudarma E, Defiana I, Erwindi C, Krisdianto J, et al. LIGHTING DESIGN IMPROVEMENT FOR ENHANCING INDOOR VISUAL QUALITY OF GPIB IMMANUEL CHURCH MALANG. *ARSITEKTURA*;16(1):49–56.
7. Hawkes D. The architect and the academy. *Arq: architectural research quarterly* 2000;4(1):35–39.
8. Huang L, Zhu Y, Ouyang Q, Cao B. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Building and environment* 2012;49:304–309.
9. STANDARD A. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy 2004;.
10. Wong N, Li S. A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Building and environment* 2007;42(3):1395–1405.
11. Yi P, Liu L, Huang Y, Zhang M, Liu H, Bedra KB. Study on the Coupling Relationship between Thermal Comfort and Urban Center Spatial Morphology in Summer. *Sustainability* 2023;15(6):5084.
12. Gupta V, Deb C. Envelope design for low-energy buildings in the tropics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2023;186:113650.
13. Gamero-Salinas J, Kishnani N, Monge-Barrio A, López-Fidalgo J, Sánchez-Ostiz A. Evaluation of thermal comfort and building form attributes in different semi-outdoor environments in a high-density tropical setting. *Building and Environment* 2021;205:108255.

14. Abd Elraouf R, Elmokadem A, Megahed N, Eleinen OA, Eltarabily S. The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate. *Building and Environment* 2022;225:109632.
15. Li J, Zheng B, Bedra KB, Li Z, Chen X. Effects of residential building height, density, and floor area ratios on indoor thermal environment in Singapore. *Journal of Environmental Management* 2022;313:114976.
16. Xie X, Chen Xn, Xu B, Pei G. Investigation of occupied/unoccupied period on thermal comfort in Guangzhou: Challenges and opportunities of public buildings with high window-wall ratio. *Energy* 2022;244:123186.
17. Pathirana S, Rodrigo A, Halwatura R. Effect of building shape, orientation, window to wall ratios and zones on energy efficiency and thermal comfort of naturally ventilated houses in tropical climate. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 2019;10(1):107–120.
18. Yang Y, Zhang X, Lu X, Hu J, Pan X, Zhu Q, et al. Effects of building design elements on residential thermal environment. *Sustainability* 2017;10(1):57.
19. Szokolay S. *Introduction to architectural science*. Routledge; 2012.
20. Aflaki A, Mahyuddin N, Mahmoud ZAC, Baharum MR. A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and buildings* 2015;101:153–162.
21. Kehoe A. The paradox of post-colonial historic preservation: implications of dutch heritage preservation in modern Jakarta. *E-Polis: Online Student Journal of Urban Studies* 2008;2:1–20.
22. Appler D, Rumbach A. Building community resilience through historic preservation. *Journal of the American Planning Association* 2016;82(2):92–103.
23. Zhang J, Wang G, Wang Y, Zhang J. Stakeholder perspectives on the preservation and development of lower grade historic buildings. *International Journal of Historical Archaeology* 2020;24:502–516.
24. ngalamedia, Gereja GPIB Immanuel; 2014. <https://ngalam.id/read/5064/gereja-gpib-immanuel/>.
25. Istiningrum DT, leidy Arumintia R, Mukhlisin M, Rochadi MT. Kajian Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Pada Gedung Sekolah C Lantai 2 Politeknik Negeri Semarang. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil* 2017;22(1):1–16.
26. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung SNI 03-6572-2001. Balitbang PU; 2002. <https://pu.go.id/pustaka/biblio/tata-cara-perancangan-sistem-ventilasi-dan-pengkondisian-udara-pada-bangunan-gedung-sni-03-6572-2001/L4LK8>.
27. Jing S, Li B, Tan M, Liu H. Impact of relative humidity on thermal comfort in a warm environment. *Indoor and Built Environment* 2013;22(4):598–607.
28. National Park Service , *Weatherization of Historic Buildings: Add Shading Devices*. US Department of Interior; 2023. <https://www.nps.gov/articles/000/weatherization-of-historic-buildings-shading-devices.htm>.
29. Del Rio MA, Asawa T, Hirayama Y, Sato R, Ohta I. Evaluation of passive cooling methods to improve microclimate for natural ventilation of a house during summer. *Building and Environment* 2019;149:275–287.
30. Narayanan R, Halawa E, Jain S. Dehumidification potential of a solid desiccant based evaporative cooling system with an enthalpy exchanger operating in subtropical and tropical climates. *Energies* 2019;12(14):2704.
31. Putra IDGA, Nimiya H, Sopaheluwakan A, Kubota T, Lee HS, Pradana RP, et al. Development of climate zones for passive cooling techniques in the hot and humid climate of Indonesia. *Building and Environment* 2022;226:109698.
32. Zune M, Tubelo R, Rodrigues L, Gillott M. Improving building thermal performance through an integration of Passivhaus envelope and shading in a tropical climate. *Energy and Buildings* 2021;253:111521.
33. Samodra F. Optimization of architectural electroacoustics design for the interior mezzanines of vertical buildings. *International Journal of Technology* 2018;.

34. Samodra FTB. Analysis of resilient design by thermoacoustic adaptation of tropical urban model. *Journal of Architecture and Urbanism* 2017;41(4):305–315.

**Cara mengutip artikel ini:** Samodra, F.T.B., Ekasiswi, S.N.N., Antaryama, I.G.N., Defiana, I., Sudarma, E., (2024), Evaluasi Adaptasi Kondisi Termal Gereja Cagar Budaya di Lingkungan Tropis Perkotaan (Studi Kasus: GPIB Immanuel Kota Malang), *Sewagati*, 8(3):1729–1740, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i3.1028>.