



Optimalisasi Kenyamanan Termal Rumah Tinggal Bali Kontemporer di Kabupaten Gianyar

Optimization Of Thermal Comfort In Contemporary Balinese House in Gianyar Regency

I Made Krishna Aryasutha^{1*}, I Putu Weka Wendyputra¹, Ni Made Yudiantini¹, Try Ramadhan²

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia¹

Program Studi Pendidikan Teknik Arsitektur, FPTK, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia²

*Corresponding author: krishnaaryasutha071@unud.ac.id

Article history

Received: 25 Jan 2024

Accepted: 26 Sep 2024

Published: 30 Oct 2024

Abstract

Thermal comfort is an important aspect to achieve in residential buildings. Therefore, this research aims to optimize thermal comfort in residential buildings with Contemporary Balinese Architecture in one of the high-density areas in Bali, namely Gianyar Regency. This study aims to provide design strategy solutions through a descriptive quantitative method in the form of building model simulations using Autodesk Ecotect Analysis software. The optimization focuses on openings and the use of solar reflective paint on the building's exterior to achieve an optimal level of thermal comfort. The results of the case study show that the addition of openings and the use of solar reflective paint can help improve thermal comfort by reducing the MRT (Mean Radiant Temperature) in the building by 0.96°C. The PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) indices were also successfully improved compared to the existing conditions.

Keywords: Contemporary Balinese Architecture; Gianyar; house; thermal comfort

Abstrak

Kenyamanan termal merupakan aspek yang penting untuk diwujudkan pada bangunan rumah tinggal. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kenyamanan termal pada bangunan rumah tinggal bergaya Arsitektur Bali Kontemporer di salah satu daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi di Bali yaitu Kabupaten Gianyar. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan strategi solusi desain yang bisa dilakukan melalui metode kuantitatif deskriptif berupa simulasi model bangunan pada *software Autodesk Ecotect Analysis* dengan pengoptimalan bukaan dan pemakaian cat reflektif surya pada eksterior bangunan untuk mencapai tingkat kenyamanan termal yang optimal. Hasil dari studi kasus yang diteliti menunjukkan bahwa penambahan bukaan dan pemakaian cat reflektif surya mampu membantu kenyamanan termal MRT pada bangunan turun sebesar 0,96 C° menjadi lebih baik. Indeks PMV dan PPD juga berhasil diturunkan menjadi lebih baik dari kondisi eksisting.

Kata kunci: Arsitektur Bali Kontemporer; Gianyar; rumah tinggal; kenyamanan termal

1. PENDAHULUAN

Arsitektur Bali Kontemporer merupakan konsep desain yang senantiasa berkembang mengikuti zaman dan menggabungkan konsep Arsitektur Bali dan Tropis sebagai aspek lokalitas di Indonesia. Arsitektur Bali merupakan arsitektur yang bertumbuh dan berkembang di Bali dari masa ke masa dalam mengisi sejarah, ruang dan waktu (Susanta & Wiryawan, 2016). Arsitektur Tropis merupakan arsitektur yang berusaha memecahkan permasalahan iklim tropis (Karyono, 2016).

Dalam konteks perkembangan arsitektur Indonesia, istilah kontemporer mengacu terhadap bentuk bangunan tropis dengan kombinasi antara konstruksi modern serta elemen lokal di Indonesia. Oleh karena itu, Arsitektur Bali Kontemporer dapat didefinisikan sebagai arsitektur yang beradaptasi, berkembang, dan tetap lestari di Bali, yang juga dikenal sebagai Arsitektur Bali (Susanta, 2016). Arsitektur Bali Kontemporer juga memegang prinsip desain berkelanjutan yang salah satunya mencakup mengenai kenyamanan termal yang mampu dihasilkan bangunan terhadap penggunaannya.

ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai keadaan pikiran yang mencerminkan kepuasan individu terhadap kondisi termal lingkungannya. Fanger (1970) menjelaskan bahwa kenyamanan termal berkaitan dengan tingkat metabolisme yang dipengaruhi oleh berbagai variabel, termasuk aktivitas, suhu udara, kecepatan aliran udara, kelembaban relatif, intensitas cahaya, dan ketahanan pakaian.

Ada tiga faktor yang memengaruhi kenyamanan termal dalam ruangan pada bangunan, yaitu faktor iklim, faktor manusia atau penghuni, dan faktor fisik dari ruang atau bangunan itu sendiri (Aritama, A. A. N., 2023). Menurut Muhaimin, M dkk. (2023), kondisi termal di dalam ruangan dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim eksternal, seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, paparan sinar matahari, dan curah hujan.

Penelitian mengenai kenyamanan termal telah dilakukan pada berbagai macam bangunan. Penelitian yang dilakukan oleh Munawaroh &

Elbes (2019) membahas mengenai kenyamanan termal perpustakaan Universitas Bandar Lampung memakai alat ukur dan kuesioner. Penelitian lain dilakukan pada bangunan Masjid SMA di Bandung oleh Zahran (2023) yang mengevaluasi kenyamanan termal menggunakan metode PMV. Adapun penelitian yang dilakukan Ramadhan (2021) mengkaji tentang kenyamanan termal bangunan *East Campus Center* ITB yang dipengaruhi oleh orientasi bangunan, dimensi, bentuk dan material serta tipe bukaan yang diteliti berdasarkan indeks PMV pada *CBE Thermal Comfort Tools*.

Pengkondisian termal sebagai lingkungan binaan juga bentuk dari pelestarian keberlanjutan (Nugroho, 2018). Karakteristik bangunan digunakan untuk memastikan bahwa perencanaan sebuah bangunan dapat berhasil, terutama dari aspek kenyamanan termal (Ardiyanto, 2020). Untuk mencapai tingkat kenyamanan termal yang diinginkan, seorang arsitek perlu memiliki pemahaman mendalam tentang lokasi pembangunan, pemilihan material yang tepat, dan penempatan bukaan pada bangunan. (Candra Widyasari dkk., 2022; Rahmat dkk., 2020; Zulfiana, 2020).

Setiap perancangan bangunan seharusnya mampu menyesuaikan dan beradaptasi dengan lingkungan sekitar serta iklim setempat, sehingga para penghuni merasakan kenyamanan termal saat berada di dalamnya. Hal tersebut juga diterapkan oleh arsitek pada pembangunan rumah tinggal.

Di Bali kini sedang banyak dibangun rumah dengan gaya Arsitektur Bali Kontemporer sebagai tanggapan dari tingginya jumlah penduduk. Bali merupakan pulau dengan tingkat pertumbuhan kepadatan penduduk yang signifikan. Tiap tahun jumlah penduduk di Bali kian meningkat. Terbilang bahwa jumlah penduduk di Bali pada tahun 2023 adalah 4,4 juta jiwa.

Bertambahnya penduduk menyebabkan tingkat kebutuhan rumah tinggal juga meningkat. Peningkatan jumlah rumah tinggal yang dibangun pada suatu daerah akan mengakibatkan terjadinya kepadatan (*density*). Kepadatan (*density*) adalah banyaknya jumlah orang yang berada di suatu unit area tertentu. Suatu kondisi akan dinyatakan makin padat apabila jumlah manusia yang berada pada suatu

batas ruang tertentu jumlahnya makin banyak jika dibandingkan dengan luas dari ruangnya (Sarwono, 1992).

Penelitian yang dilakukan oleh penulis berlokasi di Kabupaten Gianyar dengan luas wilayah 368 km² dan sebaran penduduk 1.424 jiwa/km². Berdasarkan sensus Badan Pusat Statistik Kabupaten Gianyar pada tahun 2022, jumlah penduduk telah mencapai 523.972 jiwa. Berdasarkan data tersebut, perhitungan kepadatan penduduk di Gianyar memberikan hasil bahwa daerah ini termasuk ke dalam salah satu daerah dengan tingkat kepadatan yang tinggi di Bali. Tingkat kepadatan yang tinggi ini dapat memengaruhi kenyamanan termal pengguna sehingga diperlukan perancangan desain bangunan khususnya rumah tinggal yang mampu memberikan kenyamanan termal yang sesuai standar dengan lokalitas wilayahnya.

Memahami dinamika tersebut, diharapkan penelitian ini dapat secara signifikan berkontribusi terhadap pemahaman mengenai kenyamanan termal pada bangunan Rumah Bali Kontemporer. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan melakukan optimalisasi kenyamanan termal rumah tinggal bergaya Arsitektur Bali Kontemporer di Gianyar Bali sehingga diperoleh desain rancangan bangunan rumah tinggal dengan kenyamanan termal yang optimal.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif. Data kuantitatif yang diperoleh akan dijabarkan dalam bentuk tabel dan grafik lalu diperjelas dengan deskripsi. Evaluasi dilakukan pada kondisi eksisting dengan menganalisis kenyamanan termal menggunakan rujukan standar SNI dan ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineer*). Dilanjutkan dengan simulasi untuk melihat alternatif solusi dari strategi desain yang telah dibuat dalam meningkatkan kenyamanan termal ruang rumah tinggal.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan

seperti lokasi objek, ukuran ruang-ruang, material yang digunakan, nilai temperatur/suhu dan nilai kelembapan.

2. Data sekunder diperoleh dari sumber referensi seperti buku, jurnal ilmiah dan informasi penunjang yang berkaitan dengan penelitian.

Data primer berfungsi sebagai sumber data dalam penelitian ini dan digunakan untuk menganalisis hasil penelitian.

1. Kenyamanan Termal

Pengujian ini dilaksanakan dengan tujuan menilai apakah kenyamanan termal dalam ruang telah memenuhi standar yang digunakan di Indonesia. Standar kenyamanan termal di Indonesia mencakup rentang suhu antara 20,5°C sampai 27,1°C, dengan kelembaban berkisar antara 40% hingga 80%, sesuai dengan SNI 03-6572-2001. Selain itu, standar yang diterapkan oleh *Green Building Council* Indonesia (GBCI) mengacu pada suhu 25°C dan kelembaban 60%. Standar yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001 ada tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia yang dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu:

- a. Sejuk nyaman, berada pada temperatur efektif 20,5°C -22,8°C
- b. Nyaman optimal, berada pada temperatur efektif 22,8°C -25,8°C
- c. Hangat nyaman, berada pada temperatur efektif 25,8°C -27,1°C

2. Simulasi *Autodesk Ecotect Analysis*

Simulasi ini dimanfaatkan untuk menilai atau mengukur tingkat kenyamanan termal yang mampu dihasilkan rumah. Proses simulasi dilakukan melalui:

- a. Analisis *Mean Radiant Temperature* (MRT) digunakan untuk melihat nilai radiasi dari semua permukaan material pada bangunan. Simulasi MRT dalam *Autodesk Ecotect Analysis* ditampilkan dalam bentuk kontur warna yang menggambarkan

- tingkat suhu di setiap titik dalam sebuah ruangan.
- Analisis *Predicted Mean Vote* (PMV) untuk menghasilkan skala termal yang berkisar dari sangat panas (+3) hingga sangat dingin (-3). PMV diadopsi sebagai standar ISO yang sebelumnya dikembangkan oleh Fanger.
 - Analisis *Predicted Percentage of Dissatisfaction* (PPD) digunakan untuk memperkirakan persentase penghuni yang kemungkinan merasa tidak puas dengan kondisi termal yang ada.

Indeks *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfaction* (PPD) menghasilkan sensasi termal yang dirasakan penghuni dengan penjelasan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hubungan PMV dan PPD

PMV	Sensasi Termal	PPD(%)
+3	Hot	100
+2	Warm	75
+1	Slightly Warm	25
0	Neutral	5
-1	Slightly Cool	25
-2	Cool	75
-3	Cold	100

Sumber : ASHRAE dalam Sumaryata dkk., 2019

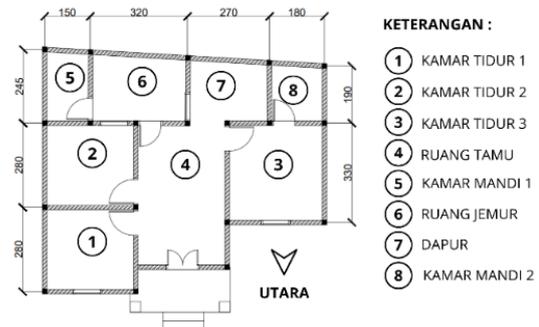
Objek penelitian rumah tinggal Arsitektur Bali Kontemporer yang dilakukan berlokasi di Jl. Bethe Lestari, Desa Batubulan, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar, Bali. Rumah ini memiliki luas kurang lebih 72 m² dengan data simulasi eksisting seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Simulasi Eksisting

Eksisting	Data
Luas Permukaan Total	8.311 m ² (1035.9% flr area).
Luar Total yang Terpapar	5.080 m ² (633.1% flr area).

Eksisting	Data
Total Jendela Utara	0.034 m ² (4.3% flr area).
Luas Total Jendela	0.059 m ² (7.3% flr area)
Total Konduktansi (AU):	10 W/°K
Total Admittansi (AY):	33 W/°K

Penelitian diawali dengan observasi rumah tinggal bergaya Arsitektur Bali Kontemporer sebagai objek studi kasus untuk mengumpulkan data-data eksisting seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 di atas. Dilakukan pengukuran dimensi rumah meliputi panjang, lebar dan tinggi sebagai model menggunakan *roll meter*. Pengukuran dimensi bukaan seperti pintu, jendela dan ventilasi juga dilakukan lengkap dengan penempatannya.

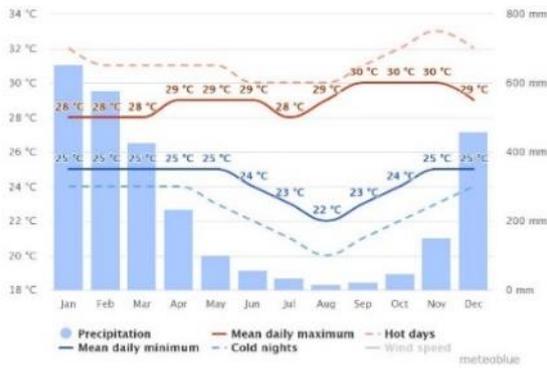


Gambar 1. Denah Eksisting Rumah



Gambar 2. Model 3D Eksisting Rumah

Selanjutnya data-data tersebut akan digunakan sebagai parameter pada saat dilakukan simulasi eksisting memakai *software Ecotect* untuk menilai kenyamanan termal rumah. Berikutnya kondisi objek akan diidentifikasi menggunakan analisis deskriptif. Terakhir, dilakukan strategi solusi desain yang mampu membuat rumah memiliki kenyamanan termal yang lebih optimal dari sebelumnya.



Gambar 3. Data Temperatur Gianyar
Sumber : meteoblue.com

Penelitian dilakukan dengan data iklim pada bulan November di mana berdasarkan sumber (Gambar 3) pada bulan ini menunjukkan temperatur rata-rata terpanas (*highest average*). Berikut rekapitulasi data temperatur bulan November di Kabupaten Gianyar yang dijabarkan dalam Tabel 3.

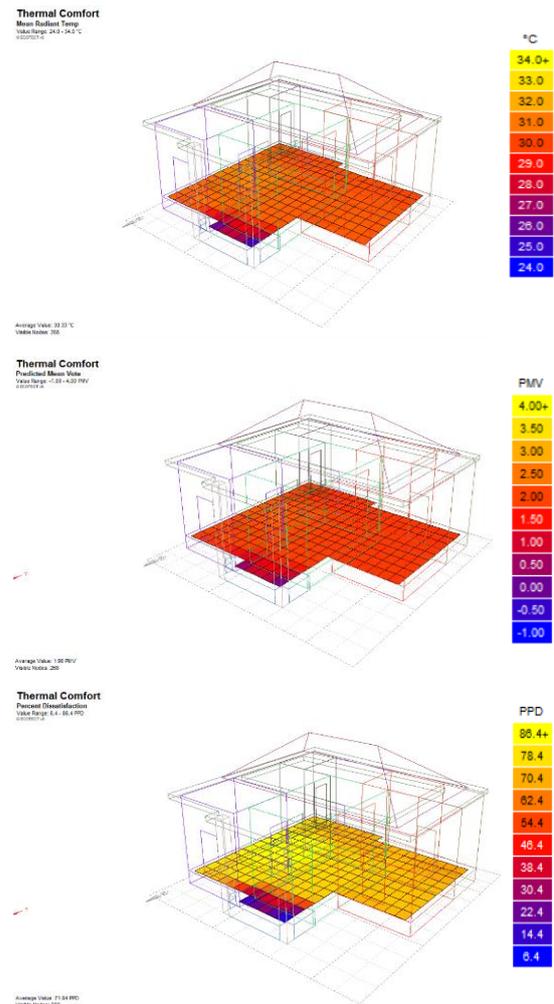
Tabel 3. Rekapitulasi Data Temperatur

Pukul	Data		
	Suhu	Kelembaban	Kecepatan Angin
06.00	24-33°C	50-90 %	3-18 km/h
21.00			

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Eksisting

Simulasi ruang yang dilakukan pada eksisting objek penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai *Mean Radian Temperature* (MRT) yang diperoleh yaitu 30,33°C. Berdasarkan standar kenyamanan Indonesia, suhu tersebut masih belum memasuki rentang standar SNI yakni antara suhu 20,5°C-27,1°C. Hasil uji *Predicted Mean Vote* (PMV) ruang yang dilakukan pada objek penelitian menghasilkan rata-rata nilai yaitu 1,90 PMV. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sensasi termal yang penghuni rasakan yaitu agak hangat (*slightly warm*). Hasil uji *Percent Dissatisfaction* (PPD) ruang yang dilakukan pada objek penelitian menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh adalah 71,94%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kepuasan kenyamanan termal yang penghuni rasakan adalah sekitar 71 orang dari total 100 orang merasa tidak nyaman dalam kondisi tersebut. Hasil pengujian masing-masing indeks secara singkat dijabarkan dalam Gambar 4 dan Tabel 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Simulasi MRT, PMV, dan PPD Eksisting Objek

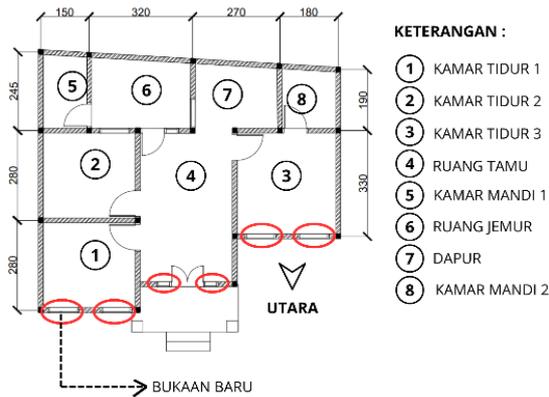
Tabel 4. Rekapitulasi Kenyamanan Termal Eksisting

Data	MRT	PMV	PPD
Nilai	30,33°C	1,90	71,94%

Berdasarkan dari data yang diperoleh, rumah tinggal *Arsitektur Bali Kontemporer* yang diteliti memiliki kenyamanan termal pada temperatur di atas batas zona hangat nyaman dengan selisih 3,23°C. Nilai ini masih belum memasuki rentang standar kenyamanan termal SNI (2001) sehingga diperlukan langkah-langkah solusi desain rancangan bangunan untuk objek penelitian rumah tinggal *Arsitektur Bali Kontemporer* agar mampu memenuhi standar kenyamanan termal yang seharusnya.

3.2 Strategi Optimalisasi Bukaannya

Strategi pertama yang diterapkan adalah menambah jumlah bukaan. Menurut penelitian Mahabella (2019), ventilasi yang efektif dalam mengalirkan udara dengan maksimal di dalam ruangan dapat meningkatkan kenyamanan termal dengan menjaga temperatur di dalam ruangan lebih rendah dibandingkan dengan suhu di luar. Penelitian ini sejalan dengan temuan Khikmah (2020), yang menyatakan bahwa di daerah tropis lembap, kenyamanan dapat diraih melalui pengaliran udara pada tubuh manusia yang cukup.



Gambar 5. Denah Penambahan Bukaannya

Penambahan bukaan berupa jendela berukuran 95x180cm dan ventilasi berukuran 20x30cm difokuskan pada dinding bagian utara atau depan rumah. Bukaan ventilasi ditambahkan di atas setiap pintu ruang di dalam rumah. Adapun denah objek dengan penambahan bukaan baru ditampilkan pada Gambar 5.

Simulasi ruang pada objek rumah tinggal yang telah ditambahkan bukaan menghasilkan rata-rata nilai *Mean Radian Temperature* (MRT) menjadi 29,85°C. Penambahan bukaan berhasil

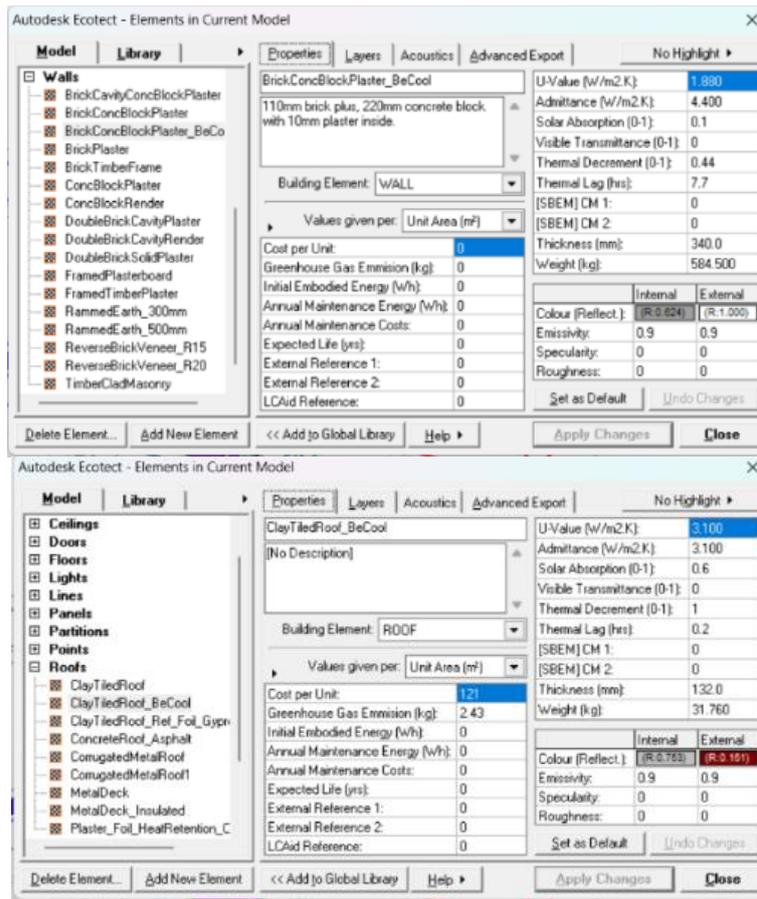
menurunkan temperatur bangunan sekitar 0,48°C. Hasil uji *Predicted Mean Vote* (PMV) ruang yang dilakukan pada objek penelitian yang telah ditambahkan bukaan memperoleh nilai sebesar 1,73 PMV. Nilai tersebut menunjukkan kepuasan kenyamanan termal yang dirasakan penghuni adalah agak hangat (*slightly warm*). Sedangkan nilai *Percent Dissatisfaction* (PPD) berubah menjadi 64,16%. Setiap indeks kenyamanan termal yang dihasilkan dapat dijabarkan secara singkat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Kenyamanan Termal setelah Penambahan Bukaannya

Data	MRT	PMV	PPD
Nilai	29,85°C	1,73	64,16%

3.3 Strategi Penggunaan Cat Reflektif Surya pada Eksterior

Strategi berikutnya adalah penggantian pelapis eksterior dengan cat reflektif surya berwarna putih untuk mengurangi perambatan panas dari luar ke dalam bangunan agar suhu bangunan dapat diturunkan ke tingkat yang sesuai. Penelitian Fajarsari (2019) menunjukkan bahwa material selubung bangunan dapat memengaruhi kenyamanan termal dalam bangunan. Meskipun pengaruhnya kecil, pemilihan warna cat dan jenis selubung bangunan (dinding, kusen, dan atap) juga dapat meningkatkan kenyamanan termal di rumah (Sitanggang, R. A dkk., 2021). Rincian lebih lanjut mengenai jenis selubung bangunan yang digunakan sebagai solusi desain dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Material Atap dan Dinding

Simulasi ruang pada objek penelitian rumah tinggal yang telah ditambahkan penggunaan cat reflektif surya eksterior menghasilkan rata-rata nilai *Mean Radian Temperature* (MRT) menjadi 29,98°C. Penggunaan cat reflektif surya eksterior terlihat berhasil menurunkan temperatur bangunan sekitar 0,35°C. Hasil uji *Predicted Mean Vote* (PMV) ruang yang dilakukan pada objek penelitian yang telah ditambahkan penggunaan cat reflektif surya eksterior memperoleh nilai sebesar 1,78 PMV. Nilai tersebut menunjukkan kepuasan kenyamanan termal yang dirasakan penghuni adalah agak hangat (*slightly warm*). Sedangkan nilai *Percent Dissatisfaction* (PPD) berubah menjadi 66,35%. Hasil masing-masing indeks dapat dijelaskan secara singkat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Data Kenyamanan Termal setelah Penggunaan Cat Reflektif Surya Exterior

Data	MRT	PMV	PPD
Nilai	29,98°C	1,78	66,35%

3.4 Strategi Gabungan

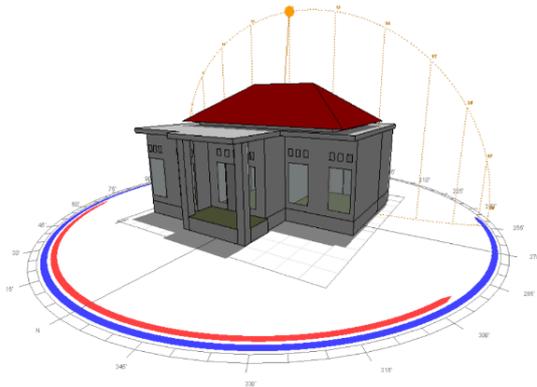
Strategi solusi berikutnya adalah menggabungkan kedua strategi sebelumnya yaitu gabungan dari optimalisasi jumlah bukaan dan penggunaan cat reflektif surya pada eksterior bangunan untuk melihat tingkat kenyamanan termal yang dapat dihasilkan. Hasil indeks MRT, PMV, dan PPD pada strategi ini bisa dilihat di dalam Tabel 7.

Tabel 7. Data Kenyamanan Termal setelah Strategi Gabungan

Data	MRT	PMV	PPD
Nilai	29,37°C	1,53	53,61%

Simulasi ruang dengan *exterior coating* cat reflektif surya dan penambahan bukaan terhadap objek penelitian menghasilkan rata-rata nilai *Mean Radian Temperature* (MRT) yakni sebesar 29,37 C. Terjadi penurunan temperatur sebanyak 0,96 C dari desain awal. Hasil uji simulasi *Predicted Mean Vote* (PMV)

ruang dengan strategi gabungan terhadap objek penelitian memperoleh hasil sebesar 1,53 PMV. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kepuasan kenyamanan termal yang penghuni rasakan adalah agak hangat (*slightly warm*). Kemudian nilai *Percent Dissatisfaction* (PPD) ruang yang dihasilkan yaitu 53,61 %. Proses simulasi strategi gabungan di dalam *Software Ecotect* (Gambar 7).



Gambar 7. Simulasi Strategi Gabungan

Dari analisis alternatif yang telah dilakukan pada objek penelitian, diperoleh hasil bahwa temperatur rata-rata *Mean Radian Temperature* (MRT) dalam bangunan berhasil diturunkan sebesar $0,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ dari $30,33^{\circ}\text{C}$ menjadi $29,37^{\circ}\text{C}$ dengan penambahan jumlah bukaan beserta pemakaian cat reflektif surya pada eksterior. Namun, sayangnya angka tersebut masih berada di luar rentang standar kenyamanan termal SNI (2001) yakni $20,5^{\circ}\text{C}$ hingga $27,1^{\circ}\text{C}$. Adapun rekapitulasi hasil data kenyamanan termal pada masing-masing strategi secara singkat dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Data Kenyamanan Termal

Data	MRT	PMV	PPD
Eksisting	$30,33^{\circ}\text{C}$	1,90	71,94%
Strategi 1	$29,85^{\circ}\text{C}$	1,73	64,16%
Strategi 2	$29,98^{\circ}\text{C}$	1,78	66,35%
Strategi 3	$29,37^{\circ}\text{C}$	1,53	53,61%

Perlu diketahui bahwa penelitian ini hanya menganalisis kenyamanan termal yang dihasilkan oleh bangunan studi kasus rumah tinggal Arsitektur Bali Kontemporer tanpa memasukkan faktor eksternal yang juga

memengaruhi kenyamanan termal yang penghuni rasakan karena sesungguhnya bangunan yang berada di daerah dengan iklim tropis lembap sering kali kesulitan memenuhi standar kenyamanan yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh adanya variabel kenyamanan termal yang kurang mendukung, seperti kecepatan aliran udara dalam ruangan, suhu udara, kelembapan relatif, dan radiasi sinar matahari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan penelitian yang sudah dibuat, kesimpulan yang dapat ditarik bahwa penambahan bukaan yang optimal berupa jendela dan ventilasi serta penggunaan cat reflektif surya pada eksterior bangunan dapat membantu dalam mengatur kenyamanan termal bangunan. Pada studi kasus rumah tinggal Arsitektur Bali Kontemporer ini strategi gabungan antara kedua solusi berhasil menurunkan temperatur bangunan itu sendiri melalui indeks MRT, PMV, dan PPD.

Hasil analisis yang telah dilakukan penulis pada penelitian ini masih belum sempurna. Diperlukan kajian lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal lain yang dapat memengaruhi kenyamanan termal pada bangunan seperti pengaruh vegetasi sekitar, pembayangan dari bangunan sekitar, dan penambahan kanopi atau topian bangunan.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama berkontribusi dalam pembuatan konsep penelitian, observasi lapangan, kajian pustaka, analisis data, dan penyusunan draft jurnal.

Penulis kedua dan ketiga berkontribusi dalam konsep penelitian, kajian pustaka, observasi lapangan, supervisi, dan mendukung penulisan jurnal.

Penulis keempat berkontribusi dalam penyediaan kajian pustaka, supervisi dan mendukung penulisan jurnal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang dilakukan oleh penulis didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana melalui skema Riset atau Penelitian Kampus

Merdeka. Kami juga berterima kasih kepada pemilik rumah yang telah bersedia diwawancarai dan mengizinkan kami untuk menggunakan rumah mereka sebagai objek penelitian.

REFERENSI

- Ardiyanto, N., & Hermawan, H. 2020. Pengembangan Kawasan Pusat Jual Beli Dengan Pendekatan Kenyamanan Termal Di Desa Maron, WONOSOBO. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 10(1), 1-5.
- Aritama, A. A. N. 2023. Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Kenyamanan Termal Rumah Tradisional Desa Tenganan Pegringsingan. *Jurnal Patra*, 5(1), 28-36.
- Candra, D. D., & Azizah, R. 2023. Pengukuran Kenyamanan Termal Pada Masjid Fadlurrahman Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Jurnal Hirarchi*, 20(01), 10-15.
- Candra Widyasari, Ryzka Budi Santoso, & Rizka Tri Arinta. 2022. Pengaruh Penerapan Timber Clad Masonry Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Tamu Tempat Tinggal Tropis Menggunakan Software Ecotect. *SARGA: Journal of Architecture and Urbanism*, 16(1), 31-37.
- Fajarsari, A. D. 2019. Pengaruh Selubung Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal (Studi Kasus PPSDM Migas Cepu). *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 1(1), 50-60.
- Fanger, P. O. 1970. *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering*.
- Karyono, T. H. 2016. Arsitektur Tropis dan Bangunan Hemat Energi. Jakarta: Jurnal KALANG, Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Tarumanagara, 1(1).
- Khikmah, N. 2020. Manajemen Sarana Dan Prasarana Untuk Mengembangkan Mutu Pendidikan. *Jurnal Administrasi Dan Manajemen Pendidikan*, 3(2), 123-130.
- Mahabella, L. S., & Abduh, M. 2019, November). Kenyamanan Termal Bangunan Rumah Tinggal Kolonial Di Sekitar Alun-Alun Merdeka Kota Malang. In *Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa)* (No. 5, pp. 82-90).
- Muhaimin, M., Jumriani, J., Alviawati, E., & Angriani, P. 2023. Urgensi Kenyamanan Termal dalam Perspektif Pembelajaran. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 7(1), 23-32.
- Munawaroh, A. S., & Elbes, R. 2019. Penilaian kenyamanan termal pada bangunan perpustakaan Universitas Bandar Lampung. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 4(1), 85-98.
- Nasional, B. S. 2001. SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Nugroho, A. M. 2018. Arsitektur tropis Nusantara: rumah tropis Nusantara kontemporer. Universitas Brawijaya Press.
- Rahmat, A., Cahyanudin, I., & Ramadhan, T. 2020. Pengaruh Bukaannya Pada Ruang Rumah Tinggal Type 70 Terhadap Kenyamanan Termal. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 10(2), 35-45.
- Ramadhan, T., Jurizat, A., Syafrina, A., & Rahmat, A. 2021. *Investigating outdoor thermal comfort of educational building complex in urban area: A case study in Universitas Kebangsaan, Bandung city*. *Geographica Pannonica*, 25(2).
- Sarwono, S. W. 1992. Psikologi Lingkungan, Cetakan Pertama. PT Gramedia Grasindo: Jakarta.
- Sitanggang, R. A., Kindangen, J. I., & Tondobala, L. 2021. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal pada Bangunan Tipe Rumah Sederhana Studi Kasus: Perumahan Griya Paniki Indah di Manado. *Fraktal: Jurnal Arsitektur, Kota dan Sains*, 6(1).

- Standard, A. 1992. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. ANSI/ASHRAE, 55, 5.
- Sumaryata, M. A., Afriesta, C. L., & Koerniawan, M. D. 2019 Kenyamanan Termal Pada Koridor Kampus Institut Teknologi Bandung Dengan Analisis Rayman. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 8(3), 118-125.
- Susanta, I. N., & Wiryawan, I. W. 2016. Konsep Dan Makna Arsitektur Tradisional Bali Dan Aplikasinya Dalam Arsitektur Bali. Workshop 'Arsitektur Etnik Dan Aplikasinya Dalam Arsitektur Kekinian, 19, 1.
- Zahran, N. L., Salsabila, K., Ramadhan, T., & Maknun, J. 2023. Analisis Kenyamanan Termal Bangunan Masjid Sma Di Kota Bandung. *Tesa Arsitektur*, 21(1), 60–73.