

# Permodelan Kinerja Termal Ruang pada Bale *Paon* Rumah Tradisional Desa Penglipuran, Bangli

<sup>1</sup>Anak Agung Ngurah Aritama

<sup>1</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Indonesia  
aaritama@unud.ac.id

<sup>2</sup>Gede Windu Laskara, <sup>3</sup>Ida Ayu Shanty Pradnya Paramitha, <sup>4</sup>Ardina Susanti

<sup>2</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Indonesia  
windulaskara@unud.ac.id

<sup>3</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Indonesia  
shantypradnya@unud.ac.id

<sup>4</sup> Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Indonesia  
ardinasusanti@unud.ac.id

**Abstract**— Sebuah rumah tinggal agar bisa dikatakan layak untuk ditempati salah satunya dapat dilihat dari aspek kenyamanan ruang. Sebuah ruang yang nyaman dapat dilihat dari dua parameter, yaitu aspek iklim/klimatik dan aspek manusia/persepsi. Kedua aspek ini akan saling berpengaruh dalam menciptakan tingkat kenyamanan tertentu pada suatu ruang. Pada rumah tradisional kenyamanan ruang merupakan hasil kreatifitas, daya, dan upaya dari masyarakat tradisional untuk menyikapi kondisi iklim/klimatik lingkungan huniannya. Cara masyarakat tradisional dalam merancang rumah tradisional untuk menciptakan kenyamanan termal merupakan suatu fenomena yang menarik untuk dipelajari lebih lanjut. Pada penelitian ini akan melihat aspek kenyamanan termal ruang Bale *Paon* pada rumah tradisional Desa Penglipuran, Bangli. Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan penekanan pada analisis data hasil pengukuran kinerja termal ruang. Hasilnya berupa permodelan kinerja termal ruang yang dapat dilihat dari berbagai parameter antara lain temperatur, kelembapan, kecepatan angin, serta sensasi kenyamanan termal.

**Kata Kunci**— Kinerja Termal, Permodelan Ruang, Rumah Tradisional, Desa Penglipuran.

## I. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal sebuah ruang secara sederhana memberikan penghuninya perlindungan optimal dari cuaca ekstrim. Kondisi ini merupakan kondisi yang membuat manusia yang berada di dalamnya merasa aman dan dilindungi dari gangguan alam yang dapat mengganggu kenyamanan rumah tinggal. Untuk menentukan tingkat kenyamanan termal ruang dapat dilihat dari beberapa parameter yakni kenyamanan visual, kenyamanan audio, kenyamanan termal, dan kenyamanan psikologis (Talarosha, 2005). Kenyamanan termal didefinisikan sebagai persepsi dan ekspresi kepuasan terhadap kondisi termal pada suatu lingkungan (Colliver, Burks et al, 2000).

Szokolay and Koenigsberger (1973) dalam bukunya *'Manual of Tropical Housing and Building'* kenyamanan termal tergantung pada variable iklim (matahari/radiasi, suhu udara, kelembapan, udara, dan kecepatan angin) dan faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis

makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit. Salah satu cara analisis untuk memprediksi sensasi termal yang dirasakan manusia diukur melalui skala dengan nilai tertentu yang disebut dengan *Predicted Mean Vote/PMV* (Chinazzo, Wienold et al, 2019). Parameter tersebut akan mempengaruhi kenyamanan termal sebuah ruang. Oleh karena itu, arsitek harus mempertimbangkan faktor-faktor kenyamanan termal yang berpengaruh pada desain dan rancangan ruang untuk membuat desain yang optimal.

Selama proses merancang, seorang arsitek mempertimbangkan aspek kenyamanan termal sebagai salah satu masalah perancangan. Namun, kenyamanan termal di rumah tradisional berasal dari inovasi, kekuatan, dan upaya masyarakat tradisional untuk mengatasi kondisi klimatik lingkungan huniannya. Pertanyaannya adalah bagaimana masyarakat tradisional menangani kondisi termal lingkungannya. Hal ini dikarenakan rumah tradisionalnya bahkan tidak melibatkan keahlian dan profesionalisme arsitek seperti yang lazim dikerjakan pada rumah modern. Untuk melihat dan menentukan permodelan kinerja termal, diperlukan observasi pada rumah tradisional yang masih ada dan dihuni oleh masyarakatnya. Oleh karena itu penelitian ini membahas identifikasi dan definisi permodelan kinerja termal pada rumah tradisional Desa Penglipuran, Bangli.

## II. METODE DAN PROSEDUR

Pada prinsipnya kenyamanan termal dipengaruhi oleh tiga faktor yakni faktor iklim, faktor persepsi manusia, serta faktor fisik ruang/bangunan (Aritama dkk, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan paradigma dan metode kuantitatif untuk menganalisis pengaruh faktor iklim dan faktor fisik ruang atau bangunan terhadap kenyamanan termal. Dalam metode kuantitatif, desain penelitian dibagi menjadi dua model. Model analisis data yakni iterasi standar kenyamanan ruang berdasarkan SNI dan ASHRAE-55. Model ini digunakan untuk memastikan bahwa data penelitian adalah valid melalui survei dan pemeriksaan langsung di lapangan. Sementara itu pada metode simulasi permodelan menggunakan bantuan perangkat lunak sketchup dan autocad dengan membuat modeling rumah tradisional semirip mungkin dan sepresisi mungkin seperti kondisi aslinya. Selanjutnya analisis data menggunakan perangkat lunak CBE Thermal Tools.

Analisis kenyamanan termal dari aspek iklim akan mengacu pada gagasan Fanger (1970) bahwa faktor-faktor manusia dan kondisi iklim mempengaruhi jumlah kenyamanan termal. Kinerja termal suatu bangunan akan mempengaruhi kondisi termal dan tingkat kenyamanan penghuninya. Untuk menilai kenyamanan termal, standar kenyamanan manusia untuk daerah khatulistiwa adalah  $19^{\circ}\text{C TE}$  (batas bawah) hingga  $26^{\circ}\text{C TE}$  (batas atas) (Mallik, 1996). Standar ini akan digunakan untuk menentukan tingkat kenyamanan termal yang berdampak pada aktivitas dan kenyamanan termal penghuni rumah tradisional. Untuk memudahkan proses ini dapat menggunakan bantuan CBE Thermal Tools, yang langsung dapat menggambarkan hasil analisis dalam bentuk diagram serta hasilnya berupa tingkat iterasi kenyamanan termal ruang. Perangkat lunak ini dapat menganalisis nilai PMV dan PPD dari input parameter iklim. Oleh karena itu, hasil analisis kenyamanan termal akan tampak dalam bentuk grafik yang menunjukkan tingkat dan rasa kenyamanan termal pada ruang.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

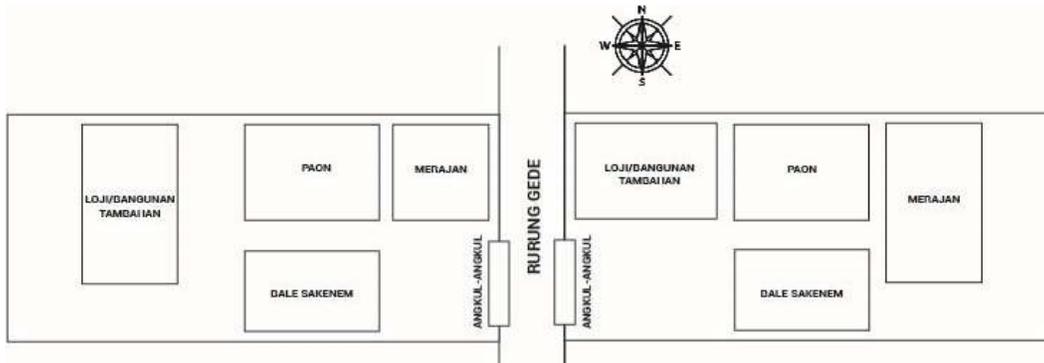
### A. Karakteristik Rumah Tradisional Desa Penglipuran

Permukiman Desa Adat Penglipuran memiliki pola linear dengan orientasi utara ke gunung atau *kaja* dan selatan ke laut atau *kelod*. Desa Adat Penglipuran menggunakan konsepsi *Tri Angga*, yang dalam *bhuana agung* sering disebut *Tri Loka* atau *Tri Mandala*, yang tersirat dalam penataan ruang kawasan desa (Dwijendra, 2008). Satu pekarangan rumah tradisional Desa Penglipuran biasanya terdiri dari empat bangunan pokok dan, bergantung pada jumlah anggota keluarga, bangunan tambahan. *Angkul-angkul* adalah pintu masuk utama yang menghadap ke *rurung gede* sebelum masuk ke pekarangan rumah. *Angkul-angkul* rumah tradisional Desa Penglipuran cukup unik karena menggunakan atap sirap bambu, yang masih digunakan hingga saat ini. Namun, bentuk dan bahan dinding penyangganya telah disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi masing-masing pemilik rumah. Massa bangunan dalam satu pekarangan rumah di Desa Adat Penglipuran, terdiri dari:

- *Merajan/sanggah* (tempat suci);
- *Bale Sakenem*, yaitu bale terbuka dengan enam buah saka sebagai kolom penyangga yang dipergunakan untuk melaksanakan upacara keagamaan seperti Pitra dan Manusa Yadnya;
- *Bale Paon*, merupakan bangunan tertutup yang difungsikan sebagai dapur yang di dalamnya juga terdapat tempat penyimpanan padi dan tempat peristirahatan. Bangunan *Paon* tidak memiliki bukaan selain satu buah pintu dan material penutup dinding dan atapnya menggunakan bambu yang merupakan ciri khas Desa Penglipuran;

- *Loji*, merupakan bangunan tertutup dengan teras terbuka yang dipergunakan sebagai tempat tinggal kepala keluarga.

Pengembangan massa bangunan sebagian besar berupa bangunan kopel dengan fungsi untuk hunian serta fungsi-fungsi lainnya yang mendukung kegiatan dan aktivitas mata pencaharian masyarakat desa Penglipuran. Terdapat beberapa keunikan yang menjadi ciri khas rumah tradisional di Desa Tenganan. Salah satu keunikan tersebut adalah bangunan *Paon/Dapur* yang sekaligus difungsikan sebagai ruang hunian bagi masyarakat Desa Penglipuran. Oleh karena itu fokus pada penelitian adalah pengukuran kenyamanan termal ruang pada bangunan yang masih difungsikan secara tradisional yakni *Paon* dan *Bale Dangin*.

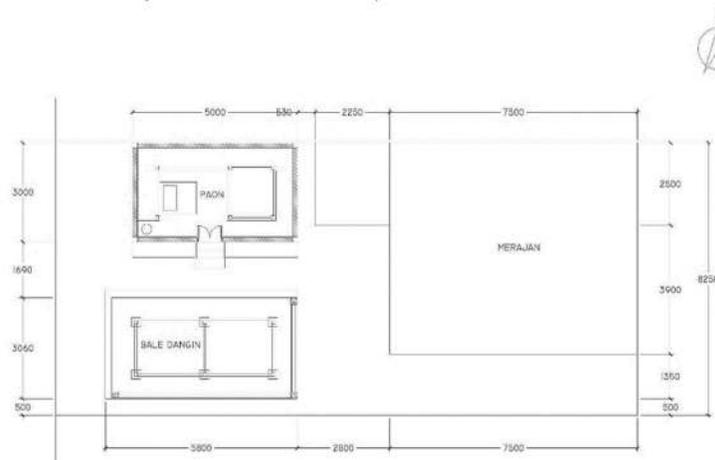


GAMBAR 1. LAYOUT RUMAH ADAT DESA PENGLIPURAN

#### B. Permodelan Termal Rumah Tradisional Desa Penglipuran

Pengukuran suhu ruang dilakukan pada tanggal 25 Juli 2023 dari pukul 06.00 hingga 18.00 WITA, dengan interval satu jam. Ini dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih akurat tentang perubahan suhu ruang dari waktu ke waktu selama satu hari. Pengukuran termal ruang dilakukan pada rumah nomor enam. Rumah tradisional nomor enam terletak di sebelah barat jalan utama desa Penglipuran. Akses utama untuk menuju rumah adalah berupa *angkul-angkul* yang terletak di sisi paling selatan pekarangan rumah.

Bentuk pekarangan rumah pada rumah nomor enam yakni memanjang ke arah timur-barat, dengan lebar depan pekarangan rumah kurang lebih 8,25 meter. Pada halaman rumah terdapat beberapa bangunan utama antara lain *Merajan*, *Bale Dangin*, *Bale Paon*, Kamar Suci dan bangunan modern yang merupakan pengembangan dari rumah adat dan terletak di sisi barat halaman rumah. Untuk mengakses area hunian, terdapat koridor terbuka menuju bangunan di belakang kawasan *Merajan*. Berikut adalah layout dan denah rumah nomor enam.



GAMBAR 2. LAYOUT RUMAH ADAT NOMOR ENAM

Dokumentasi termal pada rumah nomor enam dilakukan pada dua bangunan adat yang dihuni masyarakat dan digunakan dalam upacara adat dan keagamaan. Bangunan tersebut adalah Bale *Paon* dan Bale Dangin, dan berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan antara pukul 06.00 hingga 18.00 WITA terjadi perubahan parameter iklim ruang. Hasil observasi menunjukkan suhu lingkungan terendah di Bale *Paon* sebesar 17,9°C dan suhu lingkungan tertinggi sebesar 29,4°C dengan rata-rata suhu lingkungan sebesar 24,9°C. Suhu lingkungan tertinggi tercatat pada pukul 14.00 WITA, sedangkan suhu lingkungan terendah terjadi pada pukul 06.00 WITA. Sementara itu hasil pengamatan pada Bale Dangin menunjukkan temperatur ruang terendah adalah 18°C, sedangkan temperatur tertinggi pada ruangan adalah 30,8°C. Rata-rata temperatur ruang pada Bale Dangin adalah 25,4°C, serupa dengan Bale *Paon* temperatur ruang tertinggi tercatat pada pukul 14.00 sampai pada 15.00 WITA. Sementara itu temperatur ruang tertinggi tercatat pada pukul 06.00 WITA.

Kenaikan temperatur ruang terjadi dari pukul 07.00-08.00 WITA dan pukul 08.00-09.00 WITA. Kenaikan temperatur tersebut terjadi dikarenakan sudut jatuh sinar matahari yang langsung mengenai sisi samping kedua massa bangunan yakni Bale *Paon* dan Bale Dangin. Sehingga efek yang ditimbulkan dari paparan sinar matahari tersebut adalah kenaikan temperatur pada kedua ruangan. Sementara itu penurunan temperatur yang paling signifikan pada Bale *Paon* terjadi dari pukul 14.00-15.00 WITA, sedangkan pada Bale Dangin penurunan temperatur yang paling signifikan dari pukul 15.00-16.00 WITA. Oleh karena waktu pendataan yang dibatasi hingga pukul 18.00 WITA, kondisi temperatur ruangan dari sore hingga malam hari tidak terdata. Untuk lebih jelasnya perubahan temperatur ruang tiap jam akan ditampilkan dalam bentuk tabel di bawah ini.

TABEL 1. PERUBAHAN TEMPERATUR RUANG PADA RUMAH NOMOR ENAM

Rumah 6	Paon	Bale Dangin
Jam 06.00	17,9	18
Jam 07.00	19	18,5
Jam 08.00	23	22,5
Jam 09.00	27,2	27,4
Jam 10.00	27,1	27
Jam 11.00	27,3	27,5
Jam 12.00	27,7	27,9
Jam 13.00	27,3	28,2
Jam 14.00	29,4	30,8
Jam 15.00	26,5	30,8
Jam 16.00	25	24,9
Jam 17.00	23,5	23,4
Jam 18.00	23,3	23,3
average	24,9	25,4
min	17,9	18
max	29,4	30,8

Pengamatan dari parameter lainnya yakni kelembapan udara, pengukuran kelembapan udara dilakukan pada masing-masing bangunan seperti pada pengukuran temperatur. Parameter kelembapan udara menentukan tingkat kualitas udara pada suatu ruangan. Oleh karena itu tingkat kelembapan udara perlu dijaga agar menghasilkan kualitas udara yang baik bagi penghuninya. Kelembapan udara ruang yang optimal pada iklim tropis menurut Lippsmeier berkisar 20% - 50%. Sementara kenyamanan termal ruang menurut SNI, kondisi kelembapan udara berkisar 40% - 70%.

Pengukuran tingkat kelembapan udara dilakukan pada masing-masing bangunan yakni pada ruang dalam. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi kelembapan ruang tanpa harus terpengaruh oleh kondisi kelembapan udara ruang luarnya. Terkecuali pada Bale Dangin, bentuk massa bangunan yang cenderung terbuka menyebabkan tingkat kelembapan udara menjadi bias dengan kelembapan udara ruang luar. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan tercatat pada rumah No. 6 kelembapan rata-rata pada Bale *Paon* 77.6% sedangkan pada Bale Dangin kelembapan rata-rata berkisar 77.2%.

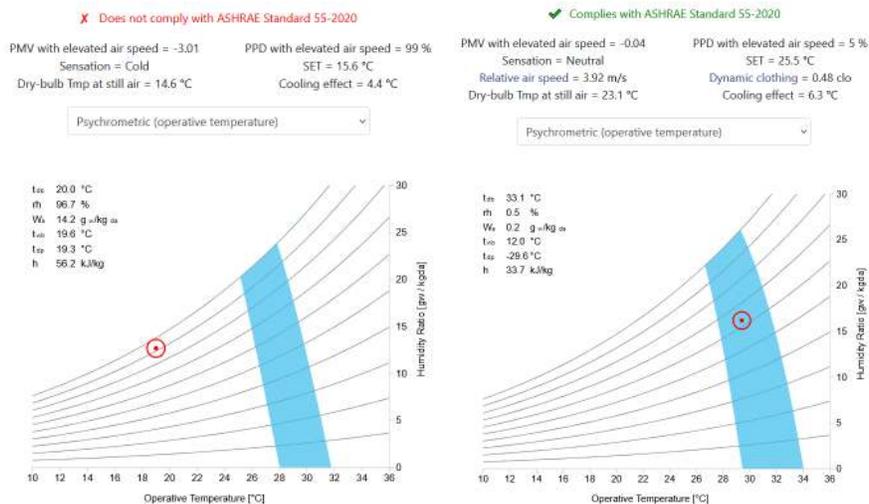
Berdasarkan hasil dokumentasi dan pencatatan terlihat perubahan tingkat kelembapan ruang dari pagi hari hingga pada sore hari. Perubahan kelembapan ruang terjadi gradual selaras dengan perubahan temperatur pada masing-masing bangunan. Sehingga tingkat kelembapan akan berubah seiring dengan perubahan waktu. Kelembapan tertinggi pada

Bale *Paon* pada angka 94.6% yang terjadi pada pukul 06.00 WITA sedangkan yang terendah yakni 62.7% pada pukul 14.00 WITA. Sementara itu pada Bale Daging kelembapan tertinggi tercatat pada pukul 06.00 WITA yakni 93.2% sedangkan kelembapan terendah yakni 57.7% pada pukul 14.00 WITA. Dari hasil pencatatan tabel di bawah ini terdapat perbedaan tingkat kelembapan yang cukup signifikan antara kedua bangunan. Untuk melihat pergerakan perubahan kelembapan pada masing-masing bangunan dapat dilihat pada Tabel di bawah.

TABEL 2. PERUBAHAN KELEMBAPAN UDARA PADA RUMAH NOMOR ENAM

Rumah 6	Paon	Bale Daging
Jam 06.00	94,6	93,2
Jam 07.00	92,1	93,1
Jam 08.00	82,3	84,8
Jam 09.00	70,7	70,6
Jam 10.00	71,6	71,8
Jam 11.00	72,8	71,8
Jam 12.00	71	70
Jam 13.00	69,9	68,8
Jam 14.00	62,7	57,7
Jam 15.00	73,5	71,4
Jam 16.00	78	78,4
Jam 17.00	85	84,8
Jam 18.00	85	87,5
average	77,6	77,2
min	62,7	57,7
max	94,6	93,2

Berdasarkan hasil analisis menggunakan CBE Thermal Tools terlihat bahwa kenyamanan termal ruang pada bangunan Bale *Paon* dan Bale Daging pada pagi hari dirasakan sensasi yang cukup dingin. Nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) yakni rerata indeks yang menyatakan kondisi termal sebuah ruang, pada bangunan ini menunjukkan angka -3.01 dan nilai PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*) menunjukkan angka 99% pada pukul 08.00 WITA dengan suhu 19°C dan kelembapan udara sebesar 92.1%, dengan tingkat metabolik aktivitas sebesar 1.0 (duduk santai) serta penghuni rumah menggunakan pakaian jaket sweater lengan panjang dan celana panjang (0.74). Menurut hasil analisis pada software menunjukkan bahwa sensasi termal yang dihasilkan adalah dingin. Sementara itu pada siang hari analisis kondisi termal pada kedua bangunan menunjukkan sensasi netral (tidak panas dan tidak dingin). Nilai PMV menunjukkan angka -0.04 dengan nilai PPD menunjukkan pada level 5% pada pukul 14.00 WITA. Suhu ruangan menunjukkan 29.4°C dan kelembapan udara berkisar 62.7%, aktivitas yang dilakukan adalah berdiri dengan mengerjakan aktivitas ringan (1.4), serta menggunakan pakaian baju T-Shirt lengan pendek dan celana pendek.



GAMBAR 3. HASIL ANALISIS TERMAL MENGGUNAKAN CBE THERMAL TOOLS

#### IV. KESIMPULAN

Dari kedua pendekatan analisis penelitian yakni melalui iterasi data (suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan fisik bangunan) dengan menggunakan standar SNI tentang kenyamanan ruang. Serta pendekatan analisis data menggunakan CBE Thermal Tools yang berbasiskan perangkat lunak yang terkoneksi internet. Kedua analisis ini menunjukkan hasil yang serupa yakni kondisi termal ruang pada bangunan Bale *Paon* di pagi hari pada pukul 07.00-08.00 WITA menunjukkan sensasi termal yang dirasakan oleh penghuni pada bangunan cenderung dingin. Sementara itu pada pengamatan di siang hari menunjukkan kondisi termal ruang pada Bale *Paon* dari pukul 12.00-14.00 WITA menunjukkan sensasi termal yang netral.

Permodelan kinerja termal yang dihasilkan bangunan Bale *Paon* merupakan tanggapan kondisi fisik bangunan atas perubahan cuaca yang terjadi pada ruang luar bangunan. Diperlukan desain dan rancangan yang mampu menanggapi kondisi cuaca dan iklim sehingga mampu melindungi penghuni yang ada di dalamnya. Dari hasil analisis bangunan *Paon* pada rumah tradisional Desa Penglipuran dapat resisten terhadap peningkatan suhu dan cuaca panas pada siang hari, akan tetapi pada kondisi suhu yang rendah bangunan belum mampu memberikan perlindungan kepada penghuninya. Berikutnya diperlukan pengembangan permodelan penelitian dalam bentuk digital untuk menggambarkan secara diagramatik kondisi termal di dalam bangunan *Paon*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada LPPM Universitas Udayana dan Fakultas Teknik, Universitas Udayana atas hibah penelitian Penelitian Unggulan Program Studi tahun 2023. Ucapan terima kasih diberikan kepada Kepala Desa Penglipuran dan seluruh masyarakat Desa Penglipuran serta kepada seluruh tim peneliti (Bapak Gede Windu Laskara, Ibu Ida Ayu Shanty Pradnya Paramitha, dan Ibu Ardina Susanti) dan mahasiswa tim survey (Komang Adi dan Ardi Mahardika) yang telah membantu dalam kegiatan survey serta membantu dalam analisis data penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Talarosha, B. (2005). "*Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan*" Jurnal Sistem Teknik Industri 6(3).
- [2] Colliver, D. G., et al. (2000). "*Development of The Design Climatic Data For The 1997 ASHRAE Handbook--Fundamentals*" Univ. of Kentucky, Lexington, KY (US).
- [3] Szokolay, S. and O. Koenigsberger (1973). "*Manual of Tropical Housing and Building*" Bombay: Orient Langman.
- [4] Chinazzo, G., et al. (2019). "*Daylight Affects Human Thermal Perception*". 9(1): 1-15.
- [5] Aritama, A. A. N., et al (2022). "*Identification Of Green Architectural Characteristics Of Tenganan Pegringsingan Village, Karangasem, Bali*" 11(2): 458-467.
- [6] Fanger, P. O. (1970). "*Analysis and Applications In Environmental Engineering*". Thermal comfort.
- [7] Mallick, F. H. (1996). "*Thermal Comfort And Building Design In The Tropical Climates*." Energy buildings 23(3): 161-167.
- [8] Dwijendra, N. K. A. (2010). "*Arsitektur Tradisional Bali Di Ranah Publik*". Bali Media Adhikarsa.