



Kenyamanan Termal Ruang pada Rumah Tradisional: Studi Kasus *Bale Paon* dan *Bale Dangin* Desa Penglipuran

Thermal Comfort of Space in Traditional Houses: Case Study of Bale Paon and Bale Dangin in Penglipuran Village

Anak Agung Ngurah Aritama*, Gede Windu Laskara, Ida Ayu Shanty Pradnya Paramitha, Ardina Susanti

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author: aritama@unud.ac.id

Article history

Received: 06 Feb 2025

Accepted: 02 Apr 2025

Published: 30 Apr 2025

Abstract

The level of thermal comfort is influenced by climate factors and human factors and perceptions of space, changes to space will affect the level of comfort of the space. This study aims to determine the level of thermal comfort of the space in Bale Paon and Bale Dangin in traditional houses in Penglipuran Village. This article discusses the influence of space design on the level of thermal comfort in traditional houses in Penglipuran Village, Bangli, especially in the Bale Paon and Bale Dangin buildings. This study uses a quantitative method with data analysis using Building Performance Simulation using software. The results are in the form of thermal performance modeling and parameters that affect the comfort of space in traditional houses in Penglipuran Village. Factors that affect the thermal conditions of space include the layout and orientation of the building mass, the shelter and building envelope around the building mass, and building materials that form the walls, floors and roofs.

Keywords: Penglipuran Village; thermal comfort; traditional house

Abstrak

Tingkat kenyamanan ruang dipengaruhi oleh faktor iklim/klimatik dan faktor manusia dan persepsi terhadap ruang, perubahan terhadap ruang akan memengaruhi tingkat kenyamanan ruangnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal ruang pada Bale Paon dan Bale Dangin pada rumah tradisional Desa Penglipuran. Pada artikel ini membahas pengaruh desain rancangan ruang pada tingkat kenyamanan termal pada rumah tradisional di Desa Penglipuran, Bangli khususnya pada bangunan Bale Paon dan Bale Dangin. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan analisis data menggunakan simulasi Building Performance Simulation dengan menggunakan perangkat lunak. Hasilnya dalam bentuk pemodelan kinerja termal serta parameter yang berpengaruh terhadap kenyamanan ruang pada rumah tradisional Desa Penglipuran. Faktor yang berpengaruh terhadap kondisi termal ruang antara lain layout dan orientasi perletakan massa bangunan, penauang dan selubung bangunan yang berada di sekeliling massa bangunan, serta material bangunan yang membentuk dinding, lantai, dan atap.

Kata kunci: Desa Penglipuran; kenyamanan termal; rumah tradisional

Cite this as: Aritama, A. A. N., Laskara, G. W., Paramitha, I. A. S. P., Susanti, A., (2025). Kenyamanan Termal Ruang pada Rumah Tradisional, Studi Kasus *Bale Paon* dan *Bale Dangin* Desa Penglipuran. *Article. Arsitektura : Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 23 (1), 97-106. doi: <https://doi.org/10.20961/arst.v23i1.99246>

1. PENDAHULUAN

Sebagai produk dan pemikiran manusia, arsitektur selalu berkembang sesuai dengan perubahan kebutuhan manusia. Perkembangan wujud, bentuk, dan ruang dalam arsitektur adalah proses dan hasil dari semakin meningkatnya kebutuhan dan keinginan manusia (Herwindo, 2016). Perubahan dan perkembangan arsitektur yang dinamis diikuti oleh perubahan ekonomi, gaya hidup, dan tingkat kehidupan manusia. Salah satu bentuk wujud arsitektur yang terus berubah adalah rumah tinggal. Rumah tinggal menunjukkan nilai-nilai arsitektur yang merupakan representasi kehidupan pemiliknya, seperti lahir, menikah, memiliki anak, tumbuh dan berkembang, hingga mati (Habraken, 1988). Keberadaan rumah tinggal yang sangat penting dalam kehidupan manusia menjadikan rumah memiliki peran yang sangat strategis yang menentukan kehidupan pada setiap generasi. Seiring dengan tuntutan kemajuan zaman, fungsi primer yang wajib dipenuhi ialah kemampuan bertahan menghadapi cuaca dan iklim. Selain memberikan perlindungan, rumah dapat memberikan kenyamanan pada ruang-ruang di dalamnya.

Kenyamanan ruang dalam sebuah rumah tinggal berkaitan dengan proteksi yang dapat diberikan terhadap cuaca, iklim, binatang buas, tingkat kriminal, serta gangguan lainnya. Selain perlindungan yang bersifat fisik, kenyamanan dalam rumah juga dipengaruhi oleh sistem pancaindra manusia. Pancaindra ini memberikan respons terhadap berbagai rangsangan, antara lain dari aspek visual, audio, termal, maupun psikologis (Mandey & Kindangen, 2017). Kenyamanan termal didefinisikan sebagai persepsi dan ekspresi kepuasan terhadap kondisi termal pada suatu lingkungan (Colliver dkk., 2000). Kenyamanan termal dapat bergantung pada variabel iklim (matahari/radiasi, suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin) dan faktor individual/subjektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit (Szokolay & Koenigsberger, 1973).

Kenyamanan termal pada sebuah rumah tinggal bergantung pada kondisi ruang-ruang di dalam

bangunannya. Kondisi termal pada ruang di dalam rumah akan dirasakan oleh pancaindra manusia ketika beraktivitas di dalam ruang tersebut (Michaela, 2019). Oleh karena itu diperlukan cara untuk menganalisis gambaran kondisi termal yang dirasakan oleh pancaindra manusia. 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 dkk., 2019). Analisis PMV dapat mengukur tingkat kenyamanan udara yang didasarkan pada parameter fisik antara lain temperatur udara, rerata radian temperatur, kecepatan angin, dan kelembapan udara. Selain itu, analisis menggunakan PMV juga memperhitungkan parameter fisik manusia antara lain *metabolic rate* dan insulasi pakaian (Pramono, 2023). Pengukuran melalui metode PMV dapat menggunakan rumus atau pemodelan melalui analisis data perangkat lunak sehingga dapat diketahui parameter yang berpengaruh terhadap kinerja termal dalam sebuah ruangan melalui hasil pengukuran.

Dalam melakukan proses perancangan, aspek kenyamanan termal ruang menjadi salah satu isu yang memengaruhi desain perancangannya. Optimalisasi fungsi dan juga bentuk ruang tidak hanya sekadar berdasarkan pertimbangan keamanan dan kenyamanan ruang di dalamnya. Lalu, bagaimana dengan rumah tradisional? Rumah tradisional adalah arsitektur yang "*traditional self-built and community-built buildings*" (Salura, 2018). Rumah tradisional merupakan hasil kreativitas, daya, dan upaya dari masyarakat tradisional untuk menyikapi kondisi klimatik lingkungan huniannya. Dalam perancangannya, rumah tradisional dilakukan oleh masyarakat sendiri sehingga tidak melibatkan peran arsitek secara profesional. Desain dan upaya masyarakat tradisional dalam menyikapi kondisi termal lingkungannya merupakan kajian yang menarik untuk mengetahui pemecahan masalah apa yang bisa dilakukan oleh masyarakat berkaitan dengan kenyamanan termal tanpa terlalu banyak melakukan intervensi terhadap lingkungan.

Artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan kenyamanan termal pada rumah tradisional. Lokus penelitian dalam artikel ini dilakukan pada desa tradisional

sebagai lingkungan yang memiliki kekayaan rumah tradisional serta kearifan lokal dalam tata aturan pembangunan rumah tradisional. Dari sekian banyak desa tradisional, Desa Bali Aga Penglipuran, Bangli, dipilih sebagai studi kasus dalam pengamatan penelitian karena memiliki rumah tradisional yang masih eksis dan masih dihuni oleh masyarakatnya, bahkan telah menjadi objek wisata favorit. Oleh karena itu, keberadaannya memiliki urgensi untuk diketahui kenyamanan ruangnya, khususnya pada bangunan yang dibangun secara komunal oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rancangan desain rumah tradisional terhadap sistem kenyamanan termal ruang sehingga kebaruan yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa tingkat adaptasi dan resiliensi *Bale Dangin* dan *Bale Paon* terhadap perubahan iklim dan cuaca.

2. METODE

Aspek kenyamanan termal pada ruang merupakan salah satu cara untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal ruang yang dihasilkan dari sebuah rancangan arsitekturnya (Aprita & Anisa, 2020). Oleh karena itu, jika dilihat dari aspek waktu penghunian, penelitian ini merupakan penelitian *Post Occupancy Evaluation* (POE). Penelusuran data untuk melihat aspek kenyamanan termal ruang dilakukan melalui survei langsung di lapangan serta pemodelan dan simulasi termal. Untuk menganalisis kenyamanan termal dari faktor iklim dan fisik ruang/bangunan menggunakan metode kuantitatif.

Analisis kenyamanan termal dari aspek iklim akan mengacu pada teori kenyamanan termal bahwa kuantifikasi kenyamanan termal dipengaruhi oleh variabel klimatik dan parameter manusia (Fanger, 1970). Kinerja termal suatu bangunan akan memengaruhi kondisi termal dan tingkat kenyamanan penghuninya. Standar kenyamanan termal dan kenyamanan tropis untuk daerah khatulistiwa adalah 19°C TE (batas bawah) - 26°C TE (batas atas) (Mallick, 1996). Untuk menilai tingkat kenyamanan termal yang berpengaruh pada aktivitas dan kenyamanan termal penghuni rumah tradisional, standar kenyamanan termal tropis tersebut digunakan sebagai parameter pengukuran.

Populasi data mencakup seluruh rumah tradisional yang berada dalam lingkup area Desa Penglipuran. Rumah tradisional yang diambil sebagai sampel memiliki *Bale Paon* dengan bentuk, model, dimensi, dan material yang masih mempertahankan model tradisionalnya. Selain itu, *Bale Paon* yang menjadi sampel masih digunakan sebagai tempat beraktivitas oleh penghuninya. Pengumpulan data klimatik dilakukan melalui survei dan observasi lapangan. Data klimatik yang diambil berupa suhu, kelembapan, intensitas cahaya, curah hujan, dan kecepatan angin. Selain itu, dapat juga diambil data berupa orientasi dan sumbu bangunan terhadap arah mata angin jika diperlukan. Pengambilan data klimatik dilakukan setiap satu jam sekali dari pukul 06.00–18.00 WITA pada setiap rumah sampel.

Metode analisis data penelitian dibagi menjadi dua model yakni model analisis data dengan iterasi dari standar kenyamanan ruang berdasarkan SNI. Untuk memudahkan proses ini, digunakan perangkat lunak yakni *Autodesk Ecotect*. Perangkat lunak ini dapat menggambarkan hasil analisis dalam bentuk diagram dan menghasilkan tingkat iterasi kenyamanan termal ruang. Analisis berikutnya melalui simulasi dan pemodelan bentuk dan bangunan. Analisis dan simulasi kenyamanan termal dan energi pada bangunan rumah tradisional akan dilakukan secara semirip mungkin dengan bangunan aslinya. Simulasi dan analisis akan memberikan gambaran berupa tabel, diagram, dan model terkait mengenai tingkat kenyamanan dan optimalisasi kinerja termal bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Permukiman Desa Penglipuran

Permukiman Desa Adat Penglipuran memiliki pola linear yang berorientasi pada gunung atau *kaja* (utara) dan laut atau *kelod* (selatan) (Gelebet, 1998). Dalam pembagian peruntukan lahan (tata ruang), Desa Adat Penglipuran menganut konsep *Tri Angga* yang dalam *bhuana agung* sering disebut dengan *Tri Loka* atau disebut *Tri Mandala* (Dwijendra, 2010). Berdasarkan konsep *Tri Mandala*, Desa Adat Penglipuran terdiri dari: Zona *Utama Mandala*

merupakan bagian *kaja* (utara) desa yang memiliki nilai tertinggi dibandingkan zona lainnya. Pada Utama Mandala terdapat tempat suci yang terdiri dari Pura Penataran, Pura Puseh, Pura Dukuh, Pura Rambut Sedana, Pura Empu Aji dan Pura Empu Nalwah.



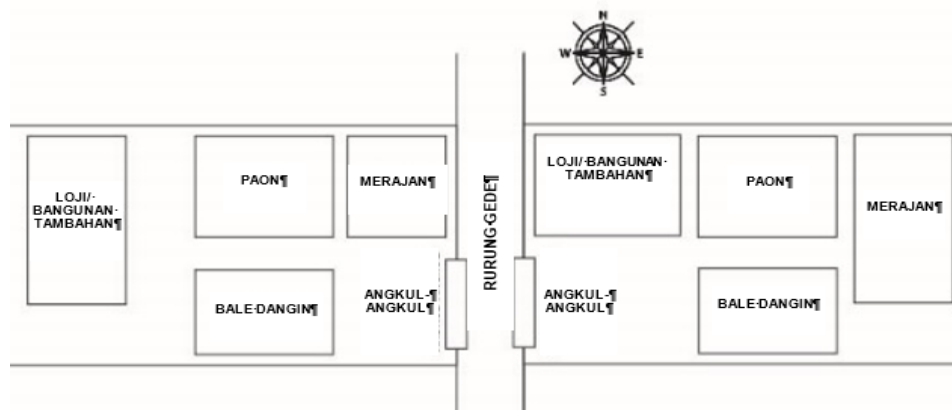
Gambar 1. Peta Desa Adat Penglipuran

Sumber: Google Earth dengan modifikasi, 2024.

Zona *Madya Mandala* merupakan area permukiman warga yang terdiri dari 76 tempat tinggal (*karang kerti*) dan terbagi menjadi dua jajaran di sisi barat dan timur jalan utama (*rurung gede*). Setiap rumah sudah dilengkapi dengan nomor rumah, di mana nomor ganjil

berada di sebelah timur dan nomor genap berada di sebelah barat. Selain rumah warga, pada *Madya Mandala* juga terdapat Pura Ratu Pingit, Balai Banjar, Pura Dalem Tampuagan, dan Tugu Pahlawan. Serta Zona *Nista Mandala* merupakan area paling selatan yang terdiri dari *setra*/kuburan, Pura Dalem (Pura Pelapuhan), Pura Dalem Pingit, Pura Mas Ayu Manik Melasem dan Pura Ratu Tungkup. Penjelasan gambar konsep permukiman dan wilayah Desa Adat Penglipuran ditampilkan pada Gambar 1.

Berdasarkan komposisi massa bangunannya, pekarangan rumah tradisional Desa Penglipuran biasanya terdiri dari empat bangunan pokok dan bangunan tambahan, bergantung pada jumlah anggota keluarga. Akses menuju pekarangan rumah melalui pintu masuk utama yang disebut dengan *angkul-angkul*. Posisi *angkul-angkul* berhadapan dengan *rurung gede* yang merupakan akses aksis di dalam permukiman Desa Penglipuran. Berdasarkan hasil observasi dan penelusuran lapangan, *layout* gambaran rumah tradisional Desa Penglipuran seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Layout Pekarangan Rumah Adat Penglipuran

Sumber: Hasil Survei, 2024.

Orientasi pekarangan rumah terbagi menjadi dua jajaran di sisi barat dan timur jalan utama (*rurung gede*), terdapat perbedaan *layout* bangunan pada rumah serta penomoran ganjil dan genap rumah yang diatur berdasarkan deretan sisi barat atau sisi timur. Dalam sebuah area pekarangan rumah tradisional Desa Penglipuran, terdapat beberapa bangunan utama dengan fungsi masing-masing.

Dari hasil observasi pada rumah tinggal nomor 12, bangunan yang ada dalam pekarangan rumah Desa Penglipuran yakni: *Merajan/sanggah* (tempat suci), yakni area suci di dalam pekarangan rumah, sebagai fungsi ritual dan upacara *Dewa Yadnya*. *Bale Sakenem/Bale Dangin*, yakni bangunan terbuka dengan enam buah tiang sebagai kolom penyangga yang dipergunakan untuk melaksanakan upacara keagamaan seperti *Pitra*

dan *Manusa Yadnya*, yakni upacara untuk penghuni rumah, orang tua, dan leluhur. *Loji* merupakan bangunan tertutup dengan teras terbuka yang dipergunakan sebagai tempat tinggal kepala keluarga serta penghuni lainnya.

Bale Paon merupakan bangunan tertutup yang difungsikan sebagai dapur yang di dalamnya terdapat tempat menyimpan 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. Pada Gambar 3 menunjukkan kondisi *Bale Paon* pada rumah tinggal nomor 12 pada saat diobservasi.



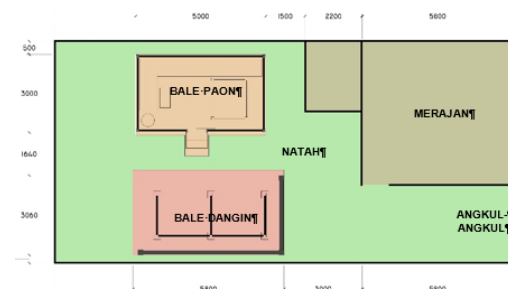
Gambar 3. Foto Kondisi *Bale Paon* Rumah Tradisional Nomor 12
Sumber: Hasil Survey, 2024.

Salah satu keunikan yang menjadi ciri khas rumah tradisional Desa Penglipuran adalah bangunan *Bale Paon*/dapur yang sekaligus difungsikan sebagai ruang hunian bagi masyarakat. Artikel ini membahas pengukuran dan parameter kenyamanan termal pada *Bale Paon* yang masih difungsikan secara tradisional yakni sebagai tempat memasak sekaligus sebagai ruang hunian. Selain *Bale Paon*, terdapat *Bale Dangin* yang memiliki fungsi menunjang kegiatan upacara keagamaan bagi penghuninya. Pengukuran dimensi objek rumah dilakukan dengan mengambil ukuran dan menggambar kembali unit massa bangunan, baik gambar dua dimensi maupun tiga dimensi.

3.2 Pengukuran Termal Ruang *Bale Paon* dan *Bale Dangin*

Pengukuran termal ruang dilakukan pada tanggal 12 Maret 2024, mulai pukul 06.00–18.00 WITA. Pengukuran dilakukan setiap interval satu jam, hal ini dilakukan untuk

memperoleh data yang lebih valid terkait perubahan termal ruang dari waktu ke waktu dalam satu hari. Pengukuran dilakukan dengan instrumen dan alat ukur seperti *thermometer hygrometer* digital yang mengukur suhu dan tingkat kelembapan. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan menggunakan bantuan ponsel pintar dengan aplikasi khusus yang mengukur intensitas cahaya di dalam ruangan. Pengambilan data dengan menggunakan alat ukur diatur setiap 10 detik untuk mencatat temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan udara relatif (%). Objek yang menjadi pengamatan dan pengukuran termal ruang adalah rumah tradisional nomor 12 yang terletak di sisi barat jalan utama/*rurung gede*. Rumah ini terletak beberapa blok dari area Pura Desa, jika dilewati dari arah utara maka rumah nomor 12 berada ke arah selatan dari Pura Desa. Berikut pada Gambar 4 ditunjukkan *layout* Rumah Tradisional nomor 12.



Gambar 4. *Layout* Rumah Tradisional Nomor 12
Sumber: Hasil Survey, 2024.

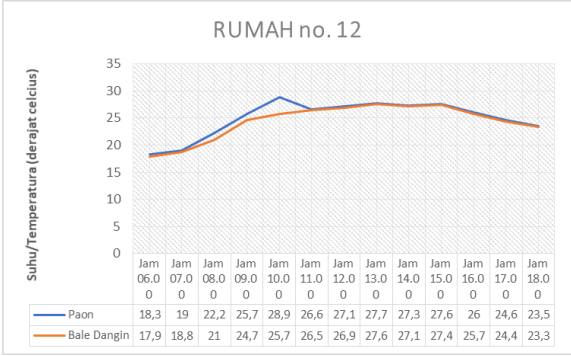
Memasuki rumah nomor 12 terdapat *angkul-angkul* yang letaknya bersebelahan dengan area tempat suci/*Merajan*. Lebar pekarangan yang sejajar dengan jalan utama/*rurung gede* berdasarkan hasil pengukuran adalah 8,5 meter. Dimensi lebar pekarangan rumah 12 hampir serupa dengan pekarangan rumah lainnya, yakni berkisar 14–20 meter memanjang ke arah barat. Dalam pekarangan rumah terdapat beberapa unit bangunan antara lain *Merajan*/tempat suci, *Bale Dangin*, *Bale Paon*, dan unit bangunan modern yang dijadikan hunian saat ini. Berdasarkan hasil pengamatan maka didapatkan hasil temperatur ruang pada *Bale Paon* dan *Bale Dangin* yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Ukur Temperatur Ruang Rumah Nomor 12

Waktu (Jam)	Temperatur Ruang Dalam	
	<i>Bale Paon</i> (°C)	<i>Bale Dangin</i> (°C)
Jam 06.00	18,3	17,9
Jam 07.00	19	18,8
Jam 08.00	22,2	21
Jam 09.00	25,7	24,7
Jam 10.00	28,9	25,7
Jam 11.00	26,6	26,5
Jam 12.00	27,1	26,9
Jam 13.00	27,7	27,6
Jam 14.00	27,3	27,1
Jam 15.00	27,6	27,4
Jam 16.00	26	25,7
Jam 17.00	24,6	24,4
Jam 18.00	23,5	23,3
Suhu Rata-rata	25,0	24,4
Suhu Minimum	18,3	17,9
Suhu Maksimum	28,9	27,6

Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan, 2024.

Pengamatan termal yang dilakukan pada *Bale Paon* menunjukkan bahwa rata-rata temperatur ruang berkisar pada 25°C. Sementara itu, temperatur tertinggi tercatat yakni 28,9°C yang terjadi pada pukul 10.00 WITA. Sedangkan temperatur terendah tercatat pada angka 18,3°C yang terjadi pada pukul 06.00 WITA. Berikutnya, pada *Bale Dangin* pengukuran dilakukan hampir bersamaan dengan *Bale Paon*. Pengamatan pada *Bale Dangin* menunjukkan temperatur ruang terendah tercatat pada angka 17,9°C yang tercatat pada pukul 06.00 WITA. Sedangkan temperatur tertinggi tercatat pada angka 27,6°C yang terjadi pada pukul 13.00 WITA. Temperatur rata-rata ruang pada *Bale Dangin* berkisar pada angka 24,4°C. Untuk melihat gambaran perubahan temperatur ruang secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Temperatur pada Rumah 12
Sumber: Hasil Survei, 2024.

Jika dilihat pada grafik di atas, kenaikan temperatur ruangan yang signifikan terjadi pada pukul 07.00–10.00 WITA. Berdasarkan hasil pengamatan, temperatur ruangan *Bale Paon* pada pagi hari justru lebih panas daripada *Bale Dangin*. Hal ini tidak lepas dari posisi *layout* bangunan *Bale Paon* terhadap *site* dan bangunan di sebelahnya. Posisi *Bale Paon* terhadap *site* dan bangunan di rumah ini memiliki jarak antarbangunan yang cukup lebar. Kondisi ini menyebabkan hampir keseluruhan bangunan terkena sinar matahari langsung yang diakibatkan oleh tidak adanya penghalang langsung yang menjadi pembayangan terhadap bangunan. Pada akhirnya, bangunan yang terkena paparan sinar matahari langsung menyebabkan temperatur ruang di dalamnya lebih panas.

Setelah matahari mencapai puncaknya pada pukul 11.00–13.00 WITA, bagian dinding bangunan tidak lagi terkena paparan sinar matahari langsung. Hal ini berpengaruh pada penurunan temperatur ruang pada *Bale Paon*, sehingga jika dilihat pada grafik (Gambar 5), terjadi penurunan temperatur ruangan yang cukup signifikan pada pukul 10.00–11.00 WITA. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa selubung bangunan dengan material anyaman bambu belum mampu untuk meredam panas yang dihasilkan oleh paparan langsung sinar matahari. Kondisi ini agak berbeda dengan rumah yang memiliki desain dinding rumah tersusun atas dinding pasangan bata setinggi kurang lebih 50 cm, kemudian di atasnya dilanjutkan dengan dinding anyaman bambu/*bedeg*. Sehingga, terlihat kemampuan untuk meredam panas pada ruang dalam akan cukup berbeda.

Berdasarkan pengukuran parameter kelembapan udara, kondisi kelembapan udara pada ruang dalam *Bale Paon* dan *Bale Dangin* menunjukkan hasil yang cukup berbeda. Tingkat kelembapan udara pada ruang dalam sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik bangunan, baik dari selubung, kualitas material, dan daya tutupan terhadap cuaca ruang luar. Selain itu tingkat pembayangan terhadap sinar matahari pada bangunan juga sangat menentukan kondisi kelembapan sebuah ruang dalam bangunan. Hal ini karena pembayangan yang optimal akan menyebabkan penurunan temperatur dalam bangunan sehingga menyebabkan kelembapan udara dalam bangunan akan cenderung lebih tinggi.

Tabel 2. Hasil Ukur Kelembapan Ruang Rumah Nomor 12

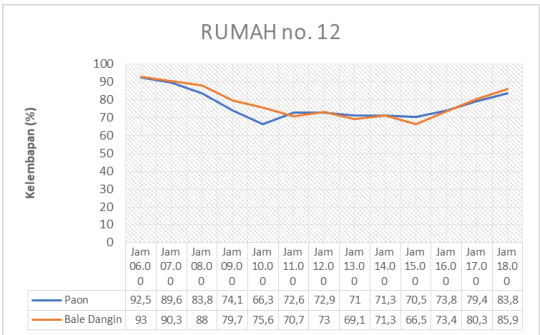
Waktu (Jam)	Temperatur Ruang Dalam	
	Bale Paon (%)	Bale Dangin (%)
Jam 06.00	92,5	93
Jam 07.00	89,6	90,3
Jam 08.00	83,8	88
Jam 09.00	74,1	79,7
Jam 10.00	66,3	75,6
Jam 11.00	72,6	70,7
Jam 12.00	72,9	73
Jam 13.00	71	69,1
Jam 14.00	71,3	71,3
Jam 15.00	70,5	66,5
Jam 16.00	73,8	73,4
Jam 17.00	79,4	80,3
Jam 18.00	83,8	85,9
Suhu Rata-rata	77,0	78,2
Suhu Minimum	66,3	66,5
Suhu Maksimum	92,5	93

Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan, 2024.

Pengukuran kelembapan udara dilakukan di kedua ruang dalam pada bangunan *Bale Paon* dan *Bale Dangin*. Ruang dalam pada bangunan *Bale Dangin* memiliki *setting layout* yang semi

terbuka dan pada sisi barat bangunan dipasang *ancak saji* semacam partisi dengan material bambu yang dapat menghalangi sinar matahari pada sore hari. Dari hasil pengamatan pada rumah nomor 12, kelembapan udara rata-rata pada *Bale Paon* yakni 77%, sementara pada *Bale Dangin* tercatat kelembapan udara rata-rata lebih tinggi yakni 78,2%. Hasil pengukuran kelembapan udara pada kedua bangunan disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengukuran, kelembapan tertinggi pada *Bale Paon* terjadi pada pukul 06.00 WITA, yakni 92,5%. Sementara itu, pada *Bale Dangin* kelembapan tertinggi terjadi pada pukul 06.00 WITA, yakni pada angka 93%. Pengukuran kelembapan terendah pada *Bale Paon* terjadi pada pukul 10.00 WITA, yakni 66,3%, sedangkan pada *Bale Dangin* kelembapan terendah terjadi pada pukul 15.00 WITA, yakni 66,5%. Untuk lebih jelas melihat perubahan kelembapan udara pada masing-masing bangunan dapat dilihat pada diagram Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Kelembapan Bangunan pada Rumah 12

Sumber: Hasil Survei, 2024.

Menurut grafik pada Gambar 6, kelembapan udara antara kedua bangunan yang menunjukkan perbedaan signifikan pada pukul 07.00–11.00 WITA. Jika dilihat secara fisik bangunan *Bale Paon* yang memiliki *setting layout* ruang yang lebih tertutup pada umumnya cenderung lebih stabil baik dari aspek temperatur maupun kelembapan ruang. Akan tetapi jika diperhatikan secara seksama, pada bagian lantai bangunan *Bale paon* masih menggunakan material alam berupa *paras*/batu alam yang memiliki karakteristik permukaan yang berongga. Hal ini akan memengaruhi resapan air yang menyebabkan permukaan lantai pada bangunan akan memiliki

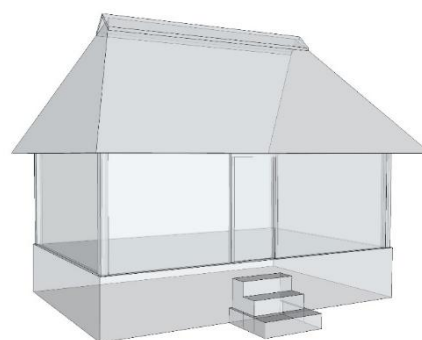
kecenderungan lebih lembap yang berpengaruh pada kelembapan ruang dalam.

Berbeda halnya dengan *Bale Dangin*, kelembapan ruang pada bangunan ini jika dilihat pada grafik justru yang paling rendah pada pukul 15.00 WITA, sementara pada waktu lainnya cenderung normal. Dari hasil pengamatan kemungkinan yang terjadi adalah dengan adanya *ancak saji* yang berfungsi sebagai selubung bangunan di sisi barat membentuk pembayangan pada saat matahari berada di sisi barat. Sehingga radiasi panas pada selubung bangunan menyebabkan tingkat kelembapan udara di dalam ruang menjadi cukup rendah.

3.3 Simulasi Termal Ruang *Bale Paon* dan *Bale Dangin*

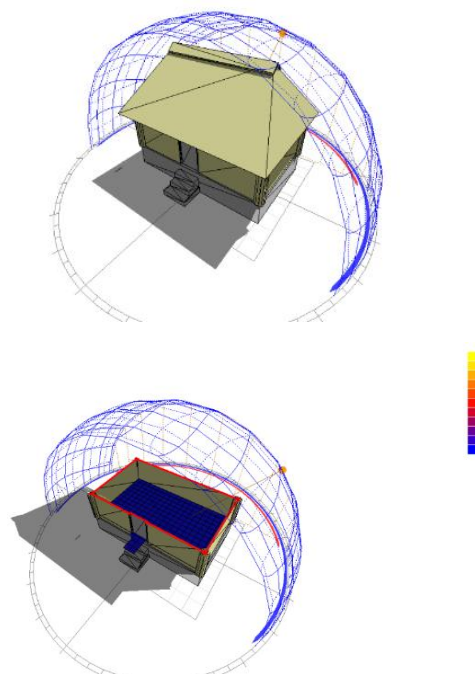
Simulasi kinerja termal ruang adalah proses pemodelan dan analisis komponen-komponen yang memengaruhi suhu dan efisiensi termal dalam sebuah ruangan (DD dkk., 2016). Simulasi ini sering digunakan dalam berbagai konteks, termasuk perancangan bangunan yang hemat energi, sistem pemanasan, ventilasi, dan pendinginan (HVAC), serta perencanaan lingkungan yang berkelanjutan. Simulasi kinerja termal ruang dapat membantu dalam merancang bangunan yang lebih efisien secara energi, nyaman bagi penghuninya, dan ramah lingkungan (Aritonang, 2024). Pemodelan juga dapat membantu mengidentifikasi potensi penghematan energi dan mengurangi dampak lingkungan.

Simulasi kinerja termal pada rumah tradisional Desa Penglipuran adalah proses memodelkan dan menganalisis bagaimana rumah-rumah tradisional yang seringkali memiliki arsitektur dan bahan konstruksi khas, berperilaku dari segi termal. Tujuan simulasi semacam ini dapat mencakup pemahaman tentang efisiensi energi, kenyamanan termal, dan kinerja bangunan dalam berbagai musim dan kondisi cuaca. Simulasi akan menghasilkan data suhu dalam rumah, konsumsi energi, dan indikator lainnya yang berkaitan dengan performa termal. Evaluasi yang dilakukan menyangkut rumah ini memenuhi standar kenyamanan termal dan efisiensi energi yang diinginkan. Model bangunan *Bale Paon* hasil pemodelan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan Bangunan *Bale Paon* Menggunakan *Sketchup*
Sumber: Hasil Analisis, 2024.

Dalam analisis kinerja termal *Bale Paon* Desa Penglipuran menggunakan bantuan perangkat lunak *Ecotect*. Untuk memodelkan bentuk dan dimensi bangunan dilakukan melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak *Sketchup* (Gambar 8). Berdasarkan pemodelan tersebut, dapat dilihat bentuk dan karakter bangunan *Bale Paon* dengan mempergunakan modeling, selanjutnya dari modeling tersebut akan diberikan beberapa parameter yang nantinya akan dibuat semirip mungkin dengan kondisi yang ada pada lapangan.



Gambar 8. Pemodelan Kinerja Termal Menggunakan Perangkat Lunak *Ecotect*
Sumber: Hasil Analisis, 2024.

Melalui simulasi digital dengan penggunaan perangkat lunak diperoleh waktu kenyamanan termal dalam tahun. Secara umum, kinerja

termal *Bale Paon* Desa Penglipuran dapat diketahui sesuai dengan teori kenyamanan termal bangunan. Temperatur rata-rata ruang berdasarkan hasil analisis perangkat lunak menunjukkan angka 25°C. Sementara kelembapan ruang rata-rata menunjukkan angka 70–80%. Tingkat energi yang dihasilkan dari sinar matahari pada rumah *Bale Paon* selama satu tahun yang disajikan per bulan dari bulan Januari hingga bulan Desember. Hasil tersebut menunjukkan bahwa potensi energi yang dihasilkan dari paparan sinar matahari pada bangunan cukup tinggi, hal ini tidak terlepas dari posisi dan orientasi bangunan yang berada langsung menghadap arah timur dan barat. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat energi tertinggi tercatat pada bulan Mei dan bulan Oktober saat matahari berada di katulistiwa.

4. KESIMPULAN

Dari keseluruhan proses penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran langsung dengan simulasi menggunakan perangkat lunak. Temperatur *Bale Paon* paling rendah rata-rata tercatat pada pukul 06.00–07.00 WITA, sementara itu pada *Bale Dangin* temperatur terendah juga tercatat pada waktu yang sama. Sementara itu temperatur tertinggi pada *Bale Paon* dari pukul 13.00–15.00 WITA, sedangkan pada *Bale Dangin* dari pukul 13.00–14.00 WITA. Kelembapan ruang terendah pada *Bale Paon* tercatat pada pukul 13.00–15.00 WITA, pada *Bale Dangin* kelembapan terendah dari pukul 15.00 WITA. Kelembapan ruang tertinggi di *Bale Paon* pukul 06.00 WITA, sedangkan kelembapan ruang tertinggi pada *Bale Dangin* 06.00 WITA.

Sementara itu, dari pemodelan termal dengan bantuan perangkat lunak, terlihat bahwa kinerja termal *Bale Paon* Desa Penglipuran dapat diketahui sesuai dengan teori kenyamanan termal bangunan. Temperatur rata-rata ruang berdasarkan hasil analisis perangkat lunak menunjukkan angka 25°C. Sementara kelembapan ruang rata-rata menunjukkan angka 70–80%. Berdasarkan tingkat kenyamanan termal daerah tropis, maka bangunan *Bale Paon* dan *Bale Dangin*

dikategorikan memiliki kenyamanan pada daerah tropis.

Kondisi tersebut dapat dipengaruhi berbagai faktor antara lain dari *layout* dan orientasi perletakan massa bangunan, penangung dan selubung bangunan yang berada di sekeliling massa bangunan, serta material bangunan yang membentuk dinding, lantai, dan atap. Untuk memastikan faktor desain yang memengaruhi kenyamanan termal bangunan diperlukan penelitian lanjutan pada beberapa rumah tradisional dengan tipikal yang sejenis pada daerah yang berbeda.

KONTRIBUSI PENULIS

Pada kegiatan penelitian ini, penulis satu berperan dalam mengkoordinasi kegiatan penelitian, merumuskan konsep dan rancangan penelitian. Penulis kedua berperan dalam analisis aspek kawasan dan lingkungan permukiman Desa Penglipuran. Penulis ketiga berperan dalam analisis aspek desain dan rancangan fisik rumah. Penulis keempat berperan dalam analisis aspek variabel klimatik dan ruang rumah tradisional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini, antara lain LPPM Universitas Udayana yang telah memberikan hibah penelitian Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS), Program Studi Arsitektur Universitas Udayana, seluruh tim survei, peneliti, *Prajuru*, serta masyarakat Desa Penglipuran, Bangli yang telah memberikan izin atas pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Aprita, D. R., & Anisa, A. (2020). Arsitektur Tropis Pada Tata Ruang Dan Permukiman Di Kampung Pulo Garut. *Jurnal Arsitektur ZONASI*, 3(3), 413–421. <https://doi.org/10.17509/jaz.v3i3.26692>
- Aritonang, S. (2024). Teknologi Hijau Dalam Arsitektur Membangun Bangunan Ramah Lingkungan. *WriteBox*, 1(3). <https://writebox.cloud/index.php/wb/article/view/174>
- Chinazzo, G., Wienold, J., & Andersen, M. (2019). Daylight affects human thermal

- perception. *Scientific Reports*, 9(1), 13690. <https://rdcu.be/d8OC8>
- Colliver, D. G., Burks, T. F., Gates, R. S., & Zhang, H. (2000). *Development of the design climatic data for the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals*. Univ. of Kentucky, Lexington, KY (US). <https://www.osti.gov/biblio/20104759>
- DD, P. J. A., Antaryama, I. G. N., & NE, S. N. (2016). Kinerja Termal Rumah Niang di Dataran Tinggi Tropis Lembab di Distrik Manggarai. *ATRIUM: Jurnal Arsitektur*, 2(1), 43–54. <https://doi.org/10.21460/atrium.v2i1.52>
- Dwijendra, N. K. A. (2010). *Arsitektur tradisional Bali di ranah publik*. Bali Media Adhikarsa. https://www.researchgate.net/publication/340091663_Arsitektur_Tradisional_Bali_di_Ranah_Publik#fullTextFileContent
- Fanger, P. (1970). *Analysis And Applications In Environmental Engineering*. Cab Direct: Glasgow, UK. <https://doi.org/10.1177/146642407209200337>
- Gelebet, I. (1998). *Arsitektur Tradisional Bali (Balinese Traditional Architecture)*. Denpasar: Bappeda Bali. <https://repository.kemdikbud.go.id/27005/>
- Habraken, N. J. (1988). *Type as a social agreement*. Proceedings of the Asian Congress of Architects, Seoul. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/mo/10.4324/9781003011385-50/type-social-agreement-stephen-kendall-john-dale>
- Herwindo, R. P. (2016). *Dialog pengembangan potensi bentuk dan ruang pada arsitektur tradisional Indonesia dengan konteks masa kini dan mendatang*. <http://hdl.handle.net/123456789/1442>
- Mallick, F. H. (1996). Thermal Comfort And Building Design In The Tropical Climates. *Energy and Buildings*, 23(3), 161–167. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(95\)00940-X](https://doi.org/10.1016/0378-7788(95)00940-X)
- Mandey, J. C., & Kindangen, J. I. (2017). Studi Kenyamanan Panas dan Hubungannya dengan Tingkat Produktivitas di Ruang Kantor. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 6(3), 127–133. <https://doi.org/10.32315/jlbi.6.3.188>
- Michaella, A. M. (2019). *Komparasi Kenyamanan View-Visual Dari Rumah Susun Pasar Rumpit*. 1(2). <https://doi.org/10.25105/psia.v1i2.6567>
- Pramono, F. (2023). *Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Produksi Di Serambi Indonesia*. Daily. <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/399>
- Salura, P. (2018). *Sineger Tengah and Kaca-kaca as The Deep-Structure of Sundanese Architecture in Pasundan Land, West Java, Indonesia*. <http://hdl.handle.net/123456789/9094>
- Szokolay, S., & Koenigsberger, O. (1973). *Manual Of Tropical Housing And Building*. Bombay: Orient Langman, 23, 110762. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20131706>