



Evaluasi Kenyamanan Termal pada Bangunan Kos di Bandung melalui Pendekatan Simulasi dan Pengukuran Lapangan

Evaluation of Thermal Comfort in Dormitory Buildings in Bandung Through Simulation and Field Measurement Approaches

Ariq Ikhsan Pradana, Muhammad Shalahuddin Husain*, Yazid Bustomi, Nur Laela Latifah, Erwin Yuniar Rahadian, Reza Phalevi Sihombing

Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia

*Corresponding author: mshalahuddin@gmail.com

Article history

Received: 11 Mar 2026

Accepted: 21 Mar 2026

Published: 30 Apr 2026

Abstract

The application of passive design in tropical housing often focuses solely on shading and mass orientation, neglecting microclimate performance evaluations. This study aims to reveal thermal discrepancies in the Kost Grage building within a dense settlement in Bandung, referenced to established standards. Employing a quantitative method approach, this research combines Autodesk Forma digital simulations with field measurements (wind speed, relative humidity, and air temperature) for validation. Results indicate that the shaded East Room recorded a higher average temperature (29.16°C) compared to the West Room, which had greater exposure to solar radiation (28.31°C). The study's novelty highlights that this discrepancy is driven by adaptive user behavior; passive design strategies that optimize air openings create cross-ventilation, effectively mitigating heat and supporting the achievement of thermal comfort.

Keywords: *autodesk forma; boarding house building design; climate; thermal comfort*

Abstrak

Penerapan desain pasif pada hunian tropis seringkali hanya berfokus pada pembayangan (*shading*) dan orientasi tertentu massa, sehingga mengabaikan evaluasi terhadap kinerja lingkungan mikro. Penelitian ini bertujuan mengungkap adanya diskrepansi termal pada bangunan Kost Grage di permukiman padat Bandung, yang mengacu pada standar. Dengan menggunakan metode kuantitatif, penelitian ini memadukan hasil simulasi digital *Autodesk Forma* dan pengukuran lapangan (kecepatan angin, kelembapan udara, dan suhu udara) untuk validasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kamar timur dengan *shading* mencatat suhu rata-rata lebih tinggi (29,16°C) dibanding kamar barat yang lebih banyak terpapar radiasi panas (28,31°C). Nilai kebaruan yang diperoleh adalah terjadi diskrepansi yang dipengaruhi perilaku adaptif pengguna dimana rancangan/ strategi desain pasif yang mendukung pemanfaatan sistem bukaan udara secara optimal akan menghasilkan ventilasi silang yang dapat meredam panas dan mendukung pencapaian kenyamanan termal.

Kata kunci: *autodesk forma; desain bangunan rumah kos; iklim; kenyamanan termal*

Cite this as: Pradana, A. I., Husain, M. S., Bustomi, Y., Latifah, N. L., Rahadian, E. Y., Sihombing, R. P. (2026). Evaluasi Kenyamanan Termal pada Bangunan Kos di Bandung Melalui Pendekatan Simulasi dan Pengukuran Lapangan. *Article. Arsitektura : Jurnal Ilmiah Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 24(1), 109-119. doi: <https://doi.org/10.20961/arst.v24i1.116655>

1. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal, yang didefinisikan sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan (Acosta-medina, 2025), merupakan aspek krusial dalam desain arsitektur, terutama pada bangunan hunian sewa seperti rumah kos yang ditempati dalam jangka waktu lama (Hailu, 2021). Aspek ini menjadi fundamental karena berkorelasi langsung dengan kesehatan, produktivitas, dan kesejahteraan psikologis penghuni (Jain, 2024). Mengingat penghuni dapat menghabiskan hingga 90% waktunya di dalam ruangan, kualitas lingkungan internal memiliki dampak signifikan terhadap kualitas hidup mereka (Hailu, 2021).

Penelitian tentang kenyamanan termal pada hunian di daerah tropis mengindikasikan bahwa persepsi kenyamanan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan suhu radian rata-rata (Reza & Kojima, 2020). Kondisi internal bangunan di wilayah beriklim panas-lembap sering kali gagal memenuhi standar kenyamanan akibat kombinasi suhu tinggi, kelembapan jenuh, serta stagnasi pergerakan udara (Izzati, 2023). Studi komparatif terbaru pada asrama mahasiswa menunjukkan adanya diskrepansi signifikan antara data pengukuran termal objektif dengan persepsi subjektif penghuni, di mana toleransi adaptif mahasiswa terbukti lebih tinggi daripada standar statis yang berlaku (Yulianto, 2024). Evaluasi pada asrama mahasiswa di iklim tropis lembap mencatat bahwa tantangan terbesar bukanlah suhu udara semata, melainkan kelembapan relatif yang konsisten berada di atas 70%. Hal ini memicu sensasi 'gerah' (*stuffiness*) (Mahfudha, 2024). Kualitas udara dalam ruang (IAQ) pada rumah kos di area lingkaran kampus juga seringkali berada di bawah standar kesehatan akibat ventilasi yang tidak memadai, yang berpotensi meningkatkan risiko *sick building syndrome* pada mahasiswa yang menghabiskan sebagian besar waktunya untuk belajar di dalam kamar (Oktavallyan, 2021). Untuk mengatasi tantangan ini, penerapan strategi desain adaptif yang responsif terhadap iklim setempat menjadi keharusan. Inovasi strategi pasif, seperti optimalisasi ventilasi alami, penggunaan bukaan jalusi, serta pemilihan material dengan konduktivitas termal rendah, terbukti dapat

membantu mencapai kenyamanan termal tanpa ketergantungan penuh pada sistem pendingin mekanis (Sari, 2019).

Untuk mengevaluasi performa termal bangunan kost secara akurat, penelitian ini mengacu pada standar kenyamanan termal adaptif yang mempertimbangkan perilaku penghuni di iklim tropis. Studi terbaru mengonfirmasi bahwa integrasi perilaku adaptif seperti pembukaan jendela secara signifikan meningkatkan ambang batas penerimaan termal penghuni hunian di Indonesia dibandingkan standar statis konvensional (Apriliyanthi dkk., 2025)

Meskipun pendekatan adaptif memberikan toleransi kenyamanan yang lebih luas bagi penghuni, kondisi aktual bangunan tetap perlu dikomparasikan dengan indikator dasar (*baseline*) untuk melihat tingkat keparahan penyimpangan termalnya. Evaluasi ini didasarkan pada tiga parameter utama, yaitu :

a) Standar Suhu Udara (T_a)

Zona nyaman optimal berada antara 22,8 °C - 25,8 °C (SNI 6572-1:2024, 2024). Batas ini menunjukkan bahwa temuan suhu rata-rata kamar sebesar 29,16°C berada jauh di atas batas kenyamanan optimal, mengindikasikan kondisi *overheating* (Sulistiawan, 2023).

b) Standar Kelembapan Udara (RH)

Kelembapan udara relatif yang sehat dan nyaman untuk daerah tropis dianjurkan berkisar antara 40%-50% (SNI 6572-1:2024, 2024). Kondisi aktual kamar yang melebihi 83% jelas melampaui batas toleransi dan berisiko pada pertumbuhan mikroorganisme (Sulistiawan, 2023).

c) Standar Kecepatan Udara (v)

Kecepatan gerak udara di ruangan yang dapat memberikan kenyamanan termal nyaman, minimal untuk efek pendinginan evaporatif, ditetapkan 0,15 m/s hingga 0,25 m/s (SNI 6572-1:2024, 2024). Pengukuran lapangan yang menunjukkan stagnasi udara total (0,0 m/s) menegaskan kegagalan desain dalam mencapai batas minimum kecepatan udara yang dibutuhkan (Sulistiawan, 2023).

Urgensi kenyamanan termal menjadi semakin krusial ketika dikaitkan dengan tipologi bangunan kos di wilayah tropis lembap dataran

tinggi seperti Bandung. Sebagian besar penghuni kos, terutama mahasiswa dan pekerja muda menggunakan kamar sebagai pusat aktivitas multifungsi, mulai dari beristirahat hingga bekerja (Izzati, 2023). Kondisi lingkungan termal yang tidak optimal dapat memicu penurunan kognitif dan gangguan kesehatan (Jain, 2024).

Pemilihan tipologi kos sebagai objek studi didasarkan pada tiga alasan utama, yaitu sebagai berikut:

a) *Spatial Constraint* dan Kepadatan

Bangunan kos di area perkotaan padat dibangun dengan memaksimalkan KDB dan KLB, maka menghasilkan kamar yang saling berhimpitan dan minim bukaan ke luar, sehingga menyebabkan kegagalan ventilasi silang dan stagnasi udara total.

b) *High Occupancy* dan Multifungsi

Durasi hunian yang tinggi (hingga 90% di dalam ruangan) membuat penghuni sangat rentan terhadap dampak lingkungan termal yang buruk.

c) Prioritas Ekonomi

Proses desain sering didominasi oleh pertimbangan biaya untuk memaksimalkan keuntungan, serta mengorbankan kualitas desain pasif seperti dimensi bukaan yang ideal dan *shading* efektif.

Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembangunan kos di Bandung seringkali didominasi oleh pertimbangan ekonomi dengan memaksimalkan jumlah kamar, sehingga mengabaikan prinsip desain pasif. Akibatnya, banyak hunian mengalami kegagalan termal, panas berlebih (*overheating*) pada siang hari, dan kelembapan berlebih pada malam hari.

Dalam konteks iklim tropis lembap, tantangan spesifik muncul dari tingginya risiko pertumbuhan jamur dan mikroorganisme pada elemen interior akibat minimnya sirkulasi udara (Kartikawati, 2021).

Meskipun kenyamanan termal pada bangunan tropis telah banyak diteliti, tinjauan literatur pada periode 2016-2026 menunjukkan adanya sejumlah keterbatasan metodologis dan cakupan studi. Mayoritas penelitian

sebelumnya cenderung berfokus pada evaluasi elemen desain tunggal secara terpisah seperti rasio bukaan atau penggunaan *courtyard* sehingga kurang menyajikan analisis yang terintegrasi mengenai desain bangunan secara holistik (Kusuma & Prianto, 2025). Selain itu, cakupan geografis penelitian empiris seringkali terpusat pada kota-kota tertentu dengan tipologi iklim spesifik (seperti Surabaya atau Salatiga), sehingga variasi kondisi iklim di dataran tinggi yang padat seperti Bandung belum banyak tereksplorasi. Kesenjangan paling kritis terlihat pada minimnya integrasi data subjektif penghuni; sebagian besar studi hanya mengukur variabel fisik tanpa mempertimbangkan perilaku adaptif (seperti kebiasaan membuka atau menutup bukaan) yang sangat memengaruhi lingkungan mikronya. Kesenjangan (*gap*) ini membatasi pemahaman komprehensif terkait performa desain pasif pada bangunan kos yang memiliki keterbatasan lahan dan kepadatan tinggi. Oleh karena itu, nilai kebaruan dari penelitian ini muncul dari temuan diskrepansi termal, di mana kamar yang terlindungi (*shaded*) justru lebih panas daripada kamar yang terpapar radiasi. Diskrepansi ini terindikasi kuat dipengaruhi oleh perilaku adaptif pengguna (membuka bukaan) yang sering diabaikan dalam evaluasi desain pasif. Hal ini mendorong kebutuhan akan investigasi mendalam untuk mengidentifikasi faktor arsitektural yang memengaruhi kenyamanan termal.

Dalam konteks strategi desain pasif di iklim tropis, seringkali terjadi dikotomi perancangan di mana pembayangan (*shading*) dianggap sebagai solusi primer dan berdiri sendiri, sementara ventilasi alami dilihat sebagai isu sekunder (Adi, 2019). Meskipun *shading* terbukti efektif menurunkan *solar heat gain* pada komponen transparan (seperti kaca), terdapat kesenjangan kritis dalam memahami bagaimana baik *shading* maupun ventilasi dapat mengoptimalkan potensi kenyamanan termal (Adi, 2019). Studi terbaru pada topografi dataran tinggi yang serupa dengan Bandung menunjukkan bahwa rasio bukaan yang minim (<20%) menjadi penyebab utama terperangkapnya panas (*heat trap*) (Arifah, 2017). Desain yang terlalu fokus pada *shading* tanpa mempertimbangkan pelepasan panas terperangkap justru dapat memicu akumulasi

panas dan kelembaban di lingkungan mikro yang stagnan. Kegagalan ini, yang dimanifestasikan melalui kegagalan ventilasi silang pada bangunan kos yang padat, menjadi akar masalah yang menyebabkan suhu kamar tetap tinggi meskipun fasad telah terlindungi. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan bahwa efektivitas *shading* bergantung secara mutlak pada integrasi sistem ventilasi silang yang terjamin fungsinya dengan didukung perilaku adaptif pengguna - sebuah hubungan interdependensi yang jarang dievaluasi secara empiris di topologi hunian padat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi interaksi antara variabel lingkungan (khususnya suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin) dengan variabel bangunan (yaitu orientasi dan jenis bukaan) pada bangunan Kost Grage. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kriteria desain arsitektural yang mampu meningkatkan kualitas lingkungan termal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat merumuskan rekomendasi desain yang tidak hanya teoretis, tetapi juga teruji secara empiris dalam mengatasi anomali iklim mikro pada bangunan kos.

2. METODE

Penelitian bersifat kuantitatif observasional dengan menggunakan metode kuantitatif. Sebagai objek penelitian adalah 2 buah kamar pada bangunan Kost Grage (Kamar Timur dan Kamar Barat). Pemilihan objek dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu bangunan kos dipilih dengan variasi desain (tinggi rendah bangunan, dan proporsi bukaan) untuk mewakili karakteristik morfologi dan performa termal.

Sebelum melakukan pengukuran di lapangan, dilakukan dulu simulasi menggunakan *software Autodesk Forma*. Data yang diperoleh bersifat objektif berdasarkan simulasi menggunakan *software Autodesk Forma* dan berdasarkan pengukuran langsung di lapangan.

Simulasi *Autodesk Forma* tersebut mencakup simulasi kecepatan angin (sekitar *site* dan kamar), simulasi *sun hours* yaitu waktu paparan matahari terhadap fasad kamar, juga simulasi *microclimate* terkait suhu lingkungan.

Pengambilan data di lapangan meliputi pengukuran kecepatan angin, kelembapan udara, suhu udara, dan rambatan termal yang dilakukan menggunakan *thermo-anemometer*, *hygrometer*, dan *solar power meter* untuk mendapatkan variasi termal harian. Pengukuran di lapangan dilakukan setiap 1 jam sekali dimulai dari jam 09.00 sampai jam 16.00 pada tanggal 24 November 2025 dimana matahari bergerak melintasi bangunan. Kondisi cuaca saat pengukuran relatif cerah. Sedangkan untuk variabel bangunan, pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur *digital laser distance meter* dan meteran. Posisi titik ukur untuk melakukan pengambilan data juga diukur menggunakan alat ukur tersebut. Untuk memperoleh angka yang akurat, pengukuran variabel dilakukan selama 1 menit sejak alat selesai dipersiapkan.

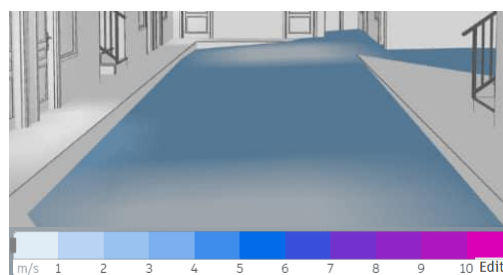
Data yang diperoleh dari hasil simulasi *Autodesk Forma* dan pengukuran lapangan kemudian dianalisis dengan mengacu pada SNI 6572-1:2024 tentang tata cara perancangan ventilasi dan pengondisian udara pada bangunan gedung (SNI 6572-1:2024, 2024). Hasil analisis kemudian digunakan sebagai acuan di mana dirumuskan kesimpulan kriteria desain yang optimal untuk memperoleh kenyamanan termal pada bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengukuran Menggunakan *Autodesk Forma*

a. Simulasi Kecepatan Angin

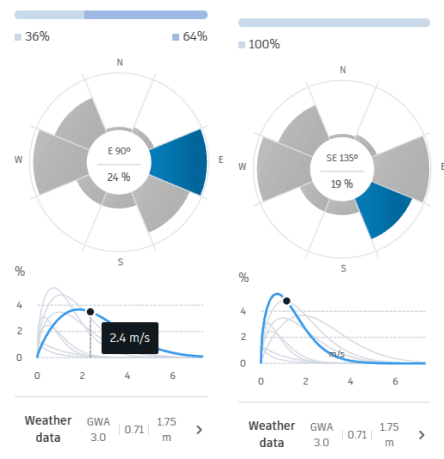
Gambar 1 menunjukkan pemetaan kecepatan angin yang terjadi di luar ruangan (*inner court* di antara kamar timur dan kamar barat). Berdasarkan simulasi *Autodesk Forma* diperoleh data kecepatan angin yang dapat dilihat pada Gambar 2a, Gambar 2b, Gambar 2c, dan Gambar 2d.



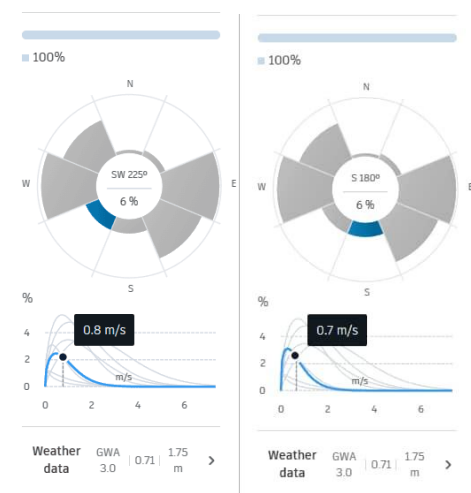
Gambar 1. Hasil Simulasi Kecepatan Angin.

Simulasi pada Gambar 2a menunjukkan bahwa angin tertinggi berasal dari arah timur dengan kecepatan 2,4 m/s. Kecepatan ini termasuk berpotensi untuk ventilasi alami agar dapat mendorong udara luar untuk masuk ke dalam bangunan. Sedangkan seperti terlihat pada Gambar 2d kecepatan angin yang paling rendah berasal dari arah utara dengan kecepatan 0,4 m/s sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap kondisi termal bangunan.

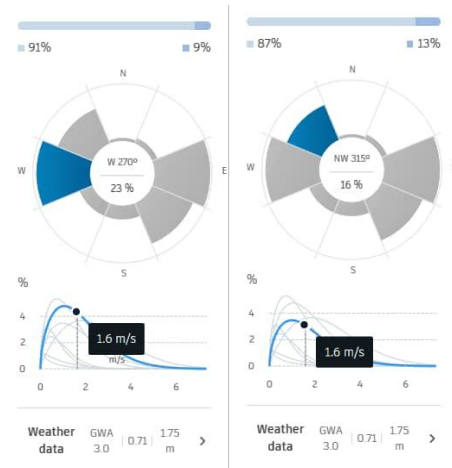
Kenyamanan termal dapat diperoleh melalui kecepatan angin yang cukup untuk menyebabkan terjadinya sirkulasi udara di dalam ruangan. Hasil dari simulasi kecepatan angin pada Kost Grage sebagai berikut.



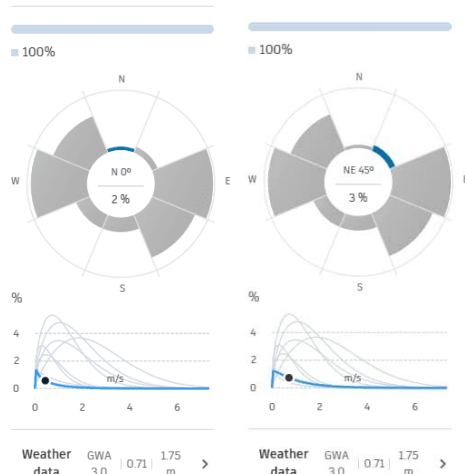
Gambar 2a. Kecepatan Angin dari Arah Timur dan Tenggara



Gambar 2b. Kecepatan Angin dari Arah Selatan dan Barat Daya



Gambar 2c. Kecepatan Angin dari Arah Barat dan Barat Laut



Gambar 2d. Kecepatan Angin dari Arah Utara dan Timur Laut

b. Simulasi Sun Hours

Berdasarkan simulasi *Autodesk Forma* diperoleh data kecepatan angin. Simulasi *Sun Hours* menunjukkan waktu paparan matahari langsung terhadap objek selama 24 jam. Simulasi dilakukan pada tanggal 21 Maret (Gambar 3a) dimana matahari berada pada jalur edar tepat di garis katulistiwa (ekuinoks), 21 Juni (Gambar 3b) dimana matahari berada pada jalur edar garis balik utara, dan 21 Desember (Gambar 3c) dimana matahari berada pada jalur edar garis balik Selatan.

Pada tanggal 21 Maret fasad kamar barat (*outline* merah pada Gambar 3a) memperoleh paparan matahari langsung selama 1,1 jam sehingga kamar mendapat panas dan cahaya matahari tanpa hambatan. Sedangkan fasad kamar timur (*outline* oranye pada Gambar 3a)

tidak mendapatkan paparan matahari langsung karena fasad terbayang oleh lantai di atasnya, sehingga kamar dapat menjadi lebih lembap dan suhu menjadi lebih rendah dibandingkan kamar barat.

Pada tanggal 21 Juni dan 21 Desember dinding kamar timur mendapat paparan sinar matahari langsung sedangkan kamar barat tidak memperoleh paparan sinar matahari langsung karena terhalang oleh bangunan tetangga. Sehingga kamar timur memperoleh panas lebih melalui paparan langsung sinar matahari, rambatan termal, dan pantulan area sekitar dibandingkan dengan kamar barat yang hanya memperoleh panas melalui rambatan termal dan pantulan area sekitar.

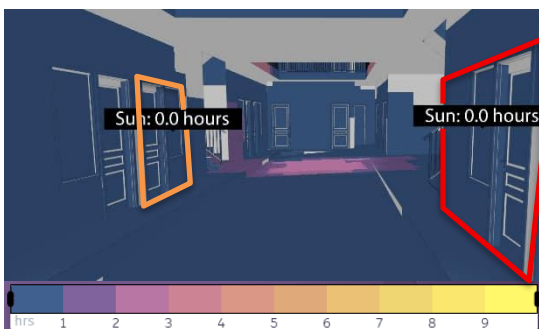
Hasil dari simulasi *Sun Hours* pada Kost Grage sebagai berikut.



Gambar 3a. Hasil Simulasi *Sun Hours* pada Tanggal 21 Maret



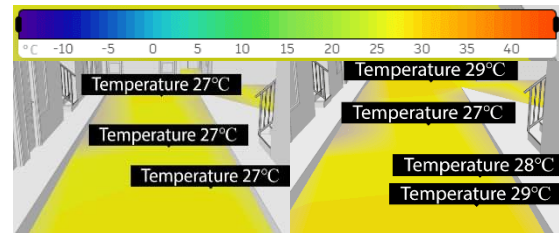
Gambar 3b. Hasil Simulasi *Sun Hours* pada Tanggal 21 Juni



Gambar 3c. Hasil Simulasi *Sun Hours* pada Tanggal 21 Desember

c. Simulasi *Microclimate*

Suhu lingkungan sekitar kamar barat dan kamar timur dapat memengaruhi kenyamanan termal di dalam kamar melalui efek pantulan dan radiasi. Puncak terjadinya panas matahari yaitu pada tanggal 21 Maret pukul 12.00 (Gambar 4a) dan perlahan menurun hingga titik terendah pada tanggal 21 Maret pukul 16.00 (Gambar 4b). Hal ini sejalan dengan siklus matahari yang mulai terbenam. Lihat juga Tabel 1.



Gambar 4a. Hasil Simulasi *Microclimate* pada Tanggal 21 Maret Pukul 10.00 dan 12.00



Gambar 4b. Hasil Simulasi *Microclimate* pada Tanggal 21 Maret Pukul 14.00 dan 16.00

Tabel 1. Hasil Simulasi *Microclimate*

Tanggal	Waktu	Suhu Terendah	Suhu Tertinggi	Suhu Rata-Rata
21 Maret	10.00	27°C	27°C	27°C
	12.00	27°C	28°C	29°C
	14.00	27°C	27°C	27°C
	16.00	25°C	25°C	25°C

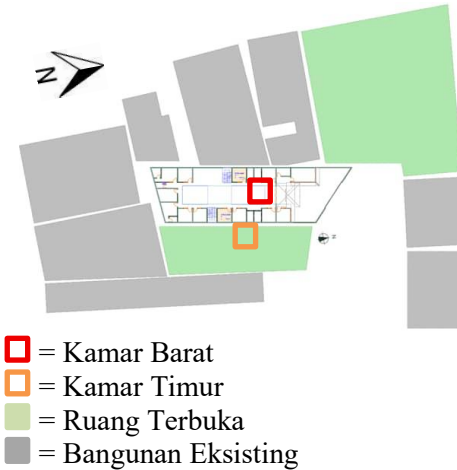
■ = Suhu Terendah
 ■ = Suhu Tertinggi

3.2. Hasil Pengukuran di Lapangan

Pengukuran di lapangan menunjukkan hasil yang cukup berbeda dengan simulasi di *Autodesk Forma*. Pengukuran dilakukan pada kamar timur dan kamar barat (Gambar 5 dan Gambar 6) pada tanggal 24 November 2025 setiap 1 jam sekali. kamar timur dan barat dipilih karena kondisi perbedaan orientasi ruang terhadap lingkungan sekitar serta intensitas dan durasi paparan panas matahari. Kamar timur bersebelahan langsung dengan ruang terbuka di sisi timur kamar, yang memungkinkan adanya paparan sinar matahari pagi terhadap dinding sisi timur kamar. Sedangkan kamar barat bersebelahan langsung dengan bangunan

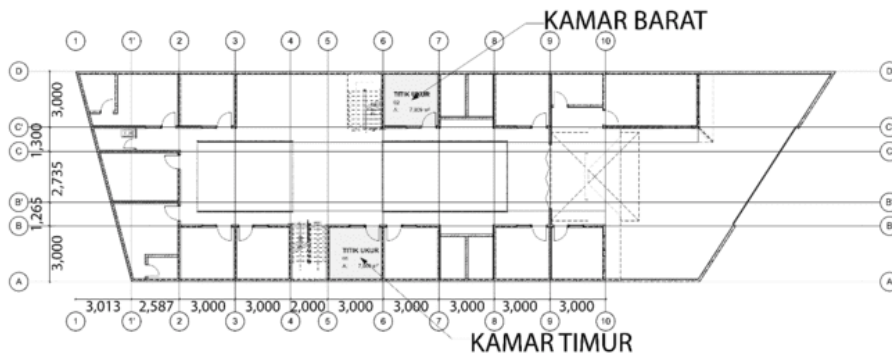
eksisting di sisi barat kamar yang mengakibatkan kamar tidak mendapat paparan cahaya matahari pada sore hari. Pengukuran dilakukan dimulai dari pukul 09.00 hingga 16.00 pada saat radiasi panas matahari paling intens.

Pengukuran yang dilakukan meliputi kecepatan angin, kelembapan udara, suhu udara, dan rambatan termal melalui berbagai komponen bangunan yaitu kusen kayu, kaca, dinding, dan daun pintu.



- = Kamar Barat
- = Kamar Timur
- = Ruang Terbuka
- = Bangunan Eksisting

Gambar 5. Posisi Titik Ukur terhadap Lingkungan Sekitar



Gambar 6 Denah Titik Ukur

Hasil dari pengukuran pada kedua kamar tersebut sebagai berikut. Lihat Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Pengukuran Kamar Timur, 29 Oktober 2025

	Kecepatan Angin (V) (m/s)	Kelembaban (RH) (%)	Suhu (T) (°C)	Kusen Kayu	Kaca	Kaca + Gorden	Rambatan Termal (Watt/m ²)		
							Batako Finishing Cat Putih (Sisi Barat)	Batako Finishing Cat Putih (Sisi Timur)	Daun Pintu
Jam 09.00	0	66.3	27	0.2	7.5	5.7	0.2	0.2	0.2
Jam 10.00	0	65.8	27.5	0.2	6.7	5.1	0.2	0.2	0.2
Jam 11.00	0	63.7	28.5	0.2	4	3	0.2	0.2	0.2
Jam 12.00	0	62.8	29.2	0.2	3.9	3.1	0.2	0.2	0.2
Jam 13.00	0	60.6	30.7	0.2	4	3.1	0.2	0.2	0.2
Jam 14.00	0	64	30.4	0.2	4.6	3.7	0.2	0.2	0.2
Jam 15.00	0	62.2	30.9	0.2	1.7	1.3	0.2	0.2	0.2
Jam 16.00	0	65.8	29.1	0.2	0.6	0.5	0.2	0.2	0.2
Rata-rata	0	63.9	29.16	0.2	4.13	3.19	0.2	0.2	0.2

Tabel 3. Data Pengukuran Pengukuran Kamar Barat, 29 Oktober 2025

	Kecepatan Angin (V) (m/s)	Kelembaban (RH) (%)	Suhu (T) (°C)	Kusen Kayu	Rambatan Termal (Watt/m ²)				
					Kaca	Kaca + Gorden	Batako Finishing Cat Putih (Sisi Barat)	Batako Finishing Cat Putih (Sisi Timur)	Daun Pintu
Jam 09.00	0	66.3	27	0.2	7.5	5.7	0.2	0.2	0.2
Jam 10.00	0	65.8	27.5	0.2	6.7	5.1	0.2	0.2	0.2
Jam 11.00	0	63.7	28.5	0.2	4	3	0.2	0.2	0.2
Jam 12.00	0	62.8	29.2	0.2	3.9	3.1	0.2	0.2	0.2
Jam 13.00	0	60.6	30.7	0.2	4	3.1	0.2	0.2	0.2
Jam 14.00	0	64	30.4	0.2	4.6	3.7	0.2	0.2	0.2
Jam 15.00	0	62.2	30.9	0.2	1.7	1.3	0.2	0.2	0.2
Jam 16.00	0	65.8	29.1	0.2	0.6	0.5	0.2	0.2	0.2
Rata-rata	0	63.9	29.16	0.2	4.13	3.19	0.2	0.2	0.2

■ = Suhu dan Kelembapan di Atas Nyaman Optimal

Pengukuran langsung di lapangan menunjukkan data yang berbeda dari hasil simulasi. Suhu udara di kedua kamar menunjukkan pola harian yang tipikal. Pada kamar timur, suhu cenderung meningkat mulai pagi hari dan mencapai puncak tertinggi terjadi pada pukul 15.00 dengan suhu mencapai 30,9°C dan pada kamar Barat puncaknya tertinggi terjadi pada pukul 13.00 dengan suhu mencapai 29,9°C. Setelah mencapai puncak, suhu di kamar timur mulai kembali menurun pada pukul 16.00 dan suhu di kamar barat pada pukul 14.00. Pola ini sejalan dengan kenaikan intensitas radiasi matahari dan suhu udara luar.

Kelembapan relatif (RH) memiliki hubungan invers (berkebalikan) dengan suhu. Seiring dengan peningkatan suhu, kelembapan relatif cenderung menurun di kedua kamar. Kamar timur mencapai titik terendah pada pukul 13.00 dengan kelembapan mencapai 60,6%. Sedangkan kamar barat mencapai titik terendah pada pukul 12.00 dengan kelembapan mencapai 57,2%. Kelembapan kemudian sedikit meningkat kembali menjelang sore hari pukul 16.00 saat suhu mulai turun.

Kecepatan angin (v) tercatat konstan 0,0 m/s sepanjang hari di kedua kamar. Data ini menunjukkan bahwa kondisi di sekitar lokasi pengukuran atau simulasi adalah stagnan.

Kondisi tanpa pergerakan udara ini dapat memperlambat pelepasan panas secara konveksi dari permukaan luar komponen bangunan ke lingkungan sekitar.

Rambatan termal (satuan Watt/m²) menunjukkan panas yang masuk ke ruangan. Nilai rambatan termal untuk komponen opak yaitu pada kusen kayu, batako finishing cat putih (sisi barat dan timur), dan daun pintu kayu adalah konstan dan sangat rendah (0,2 Watt/m²) sepanjang hari. Sedangkan sisi Utara dan Selatan kamar tidak diukur (diabaikan) karena posisi kamar yang bersebelahan dengan kamar lain pada sisi utara dan ruang tangga pada sisi Selatan yang tidak terpapar cahaya matahari (Lihat Gambar 5 & 6). Sisi atas kamar juga tidak diukur karena tidak berhubungan langsung dengan atap sehingga ruangan tidak menerima panas langsung dari atas. Hal ini menandakan bahwa material-material tersebut memberikan insulasi yang baik. Sebaliknya, kaca (dengan atau tanpa gorden) adalah sumber utama *heat gain* yang sangat fluktuatif dan dipengaruhi langsung oleh orientasi matahari. Kamar timur mengalami puncak *solar heat gain* di pagi hari (09.00-10.00), sementara kamar barat mengalami puncak yang jauh lebih tinggi di siang hingga sore hari maksimal pada pukul 14.00 mencapai 10,5 Watt/m² sehingga menjadikannya momen dengan *solar heat gain* tertinggi.

Berdasarkan analisis, orientasi bangunan dan penggunaan material transparan (kaca) adalah faktor penentu utama rambatan termal. Komponen opak (dinding dan pintu kayu) terbukti sangat efektif menahan panas. Tantangan pengendalian panas terbesar terletak pada kamar barat pada pukul 14.00, karena paparan sinar matahari sore yang intensif menyebabkan *heat gain* tertinggi.

3.3 Analisis Perilaku Adaptif Pengguna (Validasi Subjektif)

Untuk melengkapi data kuantitatif, dilakukan wawancara terhadap penghuni kedua kamar untuk mengetahui pola perilaku adaptif (*adaptive behavior*). Hasil wawancara mengungkap fakta bahwa penghuni kamar timur cenderung membuka pintu saat berada di dalam ruangan dari pagi hingga sore, sedangkan penghuni kamar barat lebih banyak menutup pintu karena tingginya frekuensi aktivitas di luar kamar. Temuan ini memberikan perspektif baru terhadap diskrepansi termal yang terjadi. Rata-rata suhu kamar timur yang lebih tinggi (29,16°C) kemungkinan besar diperparah oleh akumulasi panas internal (kegiatan penghuni) dan masuknya panas yang dibawa udara luar dari area koridor karena pintu yang terbuka saat kondisi udara stagnan (0,0 m/s).

3.4 Kondisi Kenyamanan Termal Tidak Optimal

Bangunan Kost Grage belum mencapai kenyamanan termal optimal. Faktor utamanya adalah kegagalan sistem ventilasi alami. Pengukuran lapangan secara konsisten menunjukkan kecepatan angin 0,0 m/s di dalam kamar, meskipun simulasi menunjukkan adanya potensi angin yang signifikan (terutama dari timur sebesar 2,4 m/s lihat gambar 2a). Hal ini menyebabkan suhu dalam ruang relatif tinggi (rata-rata suhu pada kamar timur 29,16°C dan pada kamar barat 28,31°C) dan tingkat kelembapan sedikit di atas nyaman termal (rata-rata kelembapan pada kamar timur mencapai 63,9% dan rata-rata kelembapan pada kamar Barat mencapai 61,76%), yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan termal dan pertumbuhan jamur.

3.5 Kriteria Desain Kunci yang Teridentifikasi

a. Orientasi bukaan

Desain bukaan kedua kamar yang hanya menghadap ke void internal terbukti tidak efektif untuk menangkap aliran angin. Kriteria desain untuk kenyamanan termal harus memprioritaskan ventilasi silang (*cross-ventilation*) dengan menciptakan bukaan yang saling berhadapan.

b. Pembayangan (*shading*)

Elemen arsitektural (dalam kasus ini, penghubung koridor lantai 2) secara signifikan memengaruhi kenyamanan termal. Dinding kamar timur memiliki nilai rata-rata rambatan termal material kaca tertutup gorden yang lebih kecil (4,13 W/m²) dibandingkan nilai rata-rata kamar barat (7,06 W/m²) yang tidak memperoleh pembayangan.

4. KESIMPULAN

Nilai kebaruan studi ini terletak pada temuan diskrepansi termal. Kamar yang terlindung (*shaded*) di sisi timur mencatat suhu rata-rata yang lebih tinggi (29,14°C) dibandingkan kamar yang terpapar radiasi di sisi barat (28,31°C). Diskrepansi ini dipicu oleh tiga hal yaitu kegagalan sistem ventilasi alami, kegagalan perilaku adaptif pengguna, dan posisi ruangan terhadap lingkungan sekitar, di mana kamar barat berbatasan langsung dengan bangunan eksisting sedangkan kamar timur tidak berbatasan langsung dengan bangunan lain. Bangunan kamar Kost Grage tidak memiliki bukaan yang memungkinkan terjadinya ventilasi silang, sehingga aliran udara menjadi stagnan di dalam kamar. Seringnya membuka bukaan (pintu dan jendela) oleh penghuni kamar barat menjadi strategi mitigasi panas yang efektif, sehingga suhu di kamar tersebut dapat diturunkan. Kamar timur Kost Grage mendapatkan cahaya matahari dari arah timur saat pagi hari karena bersebelahan langsung dengan area terbuka di arah timur kamar. Sedangkan kamar barat tidak mendapatkan cahaya matahari langsung dari arah barat saat sore hari karena bersebelahan langsung dengan bangunan tetangga di arah barat. Temuan ini membuktikan bahwa

efektivitas *shading* pasif akan berkurang tanpa adanya integrasi ventilasi silang yang memadai.

Meskipun faktor seperti *floor-to-floor* (3,6 m) sudah memadai, kegagalan desain dalam mengoptimalkan ventilasi alami dan mengelola paparan matahari secara seimbang (satu kamar terlalu terpapar, satu lagi terlalu ternaungi namun tidak teraliri udara) menjadi penyebab utama ketidaknyamanan termal. Dengan adanya temuan diskrepansi termal yang dipengaruhi perilaku adaptif pengguna, penelitian ini menegaskan bahwa untuk bangunan kos serupa di Bandung, rekomendasi desain harus difokuskan pada penerapan pembayangan yang efektif dengan tidak mengabaikan rancangan/ strategi desain pasif yang mendukung penghuni untuk memanfaatkan sistem bukaan udara secara optimal agar terjadi ventilasi silang untuk pencapaian kenyamanan termal.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama (AIP) merupakan ketua peneliti berfokus pada pengggagas ide, menganalisis, serta bertanggung jawab atas laporan dan luaran penelitian. Penulis kedua (MSH) merupakan anggota sekaligus *corresponding author* yang memiliki peran pengolahan data, pengambilan data eksisting, dan simulasi *Autodesk Forma*. (YB) merupakan anggota peneliti sekaligus *co-author* yang memiliki peran sebagai pelaksana kegiatan pengambilan data eksisting dan penyusunan naskah. Penulis anggota (NLL, EYR, RPS) selaku pembimbing yang turut membantu dalam penyusunan naskah dan penyediaan alat ukur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pemilik Kost Grage yang mengizinkan bangunan tersebut dijadikan objek penelitian. Rekan akademisi yang mengizinkan kamar kosnya dijadikan sebagai objek penelitian.

REFERENSI

Acosta-Medina, D. (2025). Evaluation of passive strategies for achieving hygrothermal comfort in social housing Buildings in the Dominican Republic. *Sustainability*, 17(557).

Adi, A. R. (2019). Optimizing shading devices through the shading effect of surrounding buildings. *Dimensi – Journal of Architecture and Built Environment*, 46(2).

<https://doi.org/10.9744/dimensi.46.2.79-86>

Apriliyanthi, S. R., Sakoi, T., Kubota, T., Nakaya, T., Koerniawan, M. D., Alfata, M. N. F., Aziiz, A. D., Suhedi, F., Fathuna, I. S., & Takiguchi, T. (2025). Relationship between occupants' adaptive behaviors, air-conditioning usage, and thermal acceptability among residences in the hot-humid climate of Indonesia. *Buildings*, 15(1), 1–23.

<https://doi.org/10.3390/buildings15010073>

Arifah, A. B. (2017). Pengaruh bukaan terhadap kenyamanan termal pada ruang hunian rumah susun Aparna Surabaya. *Jurnal Mahasiswa Departemen Arsitektur Universitas Brawijaya*, 5(4).

Oktavallyan, S. D. (2021). Student boarding house quality in terms of health design (Case study: Boarding House near University of Bengkulu). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738(1), (12027).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012027>

Reza, F., & Kojima, S. (2020). Thermal comfort investigation based design considerations for the tropical studio type classroom. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(8), 1179–1185.

<https://doi.org/10.18280/ijstdp.150804>

Hailu, H. (2021). Indoor thermal comfort analysis: A case study of modern and traditional buildings in hot-arid climatic region of Ethiopia. *Urban Science*, 5(53). <https://doi.org/10.3390/urbansci5030053>

Izzati, N. (2023). Investigation of thermal adaptation and development of an adaptive model under various cooling temperature settings for students' Activity rooms in a university building in Malaysia. *Buildings*, 13(36).

<https://doi.org/10.3390/buildings13010036>

- Jain, H. (2024). Critical insights into thermal comfort optimization and heat resilience in indoor spaces. *City and Built Environment*, 2(14).
<https://doi.org/10.1007/s44213-024-00038-z>
- Kartikawati, N. (2021). The empirical analysis model on identifying sick building syndrome in hot humid tropical buildings. *Civil Engineering and Architecture*, 9(1), 52–73.
<https://doi.org/10.13189/cea.2021.090105>
- Kusuma, A. A., & Prianto, E. (2025). Pengaruh besaran rasio bukaan terhadap kenyamanan termal pada kamar kos di Salatiga. *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 9(2), 126–131.
<https://doi.org/10.31848/arcade.v9i2.3915>
- Mahfudha, U. (2024). Thermal comfort evaluation of student dormitory buildings in Syiah Kuala University. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1356(12093).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1356/1/012093>
- Sari, W. E. (2019). Self-kinetic jalousie sebagai penerapan teknologi climate Responsive-adaptable architecture. *Modul*, 19(2), 119–126.
<https://doi.org/10.14710/mdl.19.2.2019.119-126>
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 6572-1:2024: Tata cara perancangan sistem ventilasi pada bangunan gedung: Bagian 1: Bangunan gedung nonresidensial. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Sulistiwawan, A. P. (2023). Passive architectural design solution to enhance thermal comfort using building information modelling (BIM) on cafe building in Bandung. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(1).
<https://doi.org/10.26760/jrh.V7i1.73-89>
- Yulianto, D. (2024). Analysis of the comparison between residents' perception and field measurement of visual and thermal comfort (Case Study: Student Dormitory Building). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 20(2).
<https://doi.org/10.21831/inersia.v20i2.77370>