

ANALISIS ASPEK KENYAMANAN TERMAL PADA UNIT HUNIAN (Studi Kasus: Cluster “Grand Al-Ikhsan Premier”, Bekasi Timur)

*Analysis of Thermal Comfort Aspects in Residential Units
(Case Study: “Grand Al-Ikhsan Premier” Cluster, East Bekasi)*

Lely Mustika; Fauzan Kamil; Rudi Purwono

Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi,
Institut Sains dan Teknologi Nasional

mustika@istn.ac.id, fauzankamil91@gmail.com, purwono123@istn.ac.id

ABSTRACT

Thermal comfort is an important aspect of residential quality, particularly in tropical climate regions such as Bekasi, where high air temperature and humidity levels may lead to thermal discomfort if not supported by appropriate building design. This research aims to analyze the thermal comfort condition of residential units in the Grand Al-Ikhsan Premier housing cluster, East Bekasi, and to identify architectural and building physics factors that influence indoor thermal comfort. This research was conducted in seven residential units that were either unoccupied or in the final finishing stage. Measurement was carried out in the living room as the main occupied space, with measurement duration of approximately five minutes for each unit, during midday conditions and with doors and windows fully open. Parameters measured included air temperature, relative humidity, and air velocity. Thermal comfort analysis was performed using the Predicted Mean Vote (PMV) and Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), using CBE thermal comfort calculator. The results indicate that the thermal comfort condition of the observed residential units generally falls within warm to hot categories, with PMV values ranging from +1.34 to +2.16, and PPD values between 42% and 84%. Findings suggest that building orientation, opening configuration and type, and natural ventilation effectiveness are factors that influence indoor thermal comfort, and increased air movement plays a significant role in reducing thermal discomfort.

Keywords: *thermal comfort, PMV, PPD, residential housing, natural ventilation*

ABSTRAK

Kenyamanan termal merupakan salah satu aspek penting dalam kualitas hunian, khususnya di kawasan perumahan pada iklim tropis seperti Bekasi, yang memiliki suhu dan kelembapan udara yang cukup tinggi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan termal apabila tidak diimbangi dengan perencanaan dan desain bangunan yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kenyamanan termal pada unit hunian di Cluster Grand Al-Ikhsan Premier, Bekasi Timur, serta mengidentifikasi faktor desain arsitektur dan fisika bangunan yang mempengaruhi kenyamanan termal ruang. Penelitian dilakukan pada tujuh unit hunian yang belum ditempati atau berada di dalam tahap finishing akhir. Pengukuran dilakukan pada ruang tamu sebagai ruang utama hunian, dengan durasi ± 5 menit pada setiap unit sampel, pada waktu siang hari, dengan kondisi bukaan pintu dan jendela yang terbuka. Parameter yang diukur meliputi suhu udara, kelembapan relatif, serta kecepatan udara. Analisis kenyamanan termal dilakukan menggunakan indeks *Predicted Mean Vote* (PMV) dan *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD), dengan menggunakan bantuan kalkulator CBE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kenyamanan termal pada unit hunian yang diteliti, secara umum berada pada kategori hangat hingga panas, dengan nilai PMV antara +1.34 hingga +2.16, dan nilai PPD antara 42% hingga 84%. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal meliputi orientasi bangunan, konfigurasi dan tipe bukaan, serta efektivitas ventilasi alami, dimana peningkatan pergerakan udara dalam ruang berperan penting dalam menurunkan tingkat ketidaknyamanan termal.

Kata kunci: kenyamanan termal, PMV, PPD, hunian, ventilasi alami

1. PENDAHULUAN

Rumah merupakan salah satu tempat hunian yang dirancang khusus untuk ditempati oleh individu atau keluarga sebagai tempat berlindung, beristirahat, dan melakukan aktivitas sehari-hari. Rumah tidak hanya berfungsi sebagai perlindungan fisik dari cuaca dan bahaya luar, tetapi juga ruang sosial dan psikologis yang memberikan rasa aman, kenyamanan, dan identitas dari penghuninya.

Menurut Undang-Undang No 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, rumah didefinisikan sebagai bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal layak huni, sarana pembangun keluarga, cerminan martabat penghuninya serta aset pemilikinya.

Kualitas kenyamanan pada bangunan terbagi menjadi empat aspek utama, yaitu kenyamanan ruang, kenyamanan visual, kenyamanan audio dan kenyamanan termal (Karyono, 1999 dalam Delyuzir, 2020). Fokus utama pada penelitian ini adalah aspek kenyamanan termal.

Kenyamanan termal didefinisikan sebagai kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan seseorang terhadap lingkungan termalnya (Fanger, 1970). Praktisnya, kenyamanan termal tercapai bila seseorang merasa puas terhadap kondisi udara di sekitarnya dan tidak merasa panas atau dingin berlebihan.

Untuk memprediksi sensasi termal, Fanger kemudian mengembangkan dua indeks terkait kenyamanan termal, yang hingga kini masih menjadi acuan, yaitu:

1. Indeks PMV (*Predicted Mean Vote*), yang menunjukkan rata-rata sensasi termal yang dirasakan sekelompok orang, yang diprediksi dengan skala -3 (sangat dingin) hingga +3 (sangat panas). Nilai PMV yang mendekati 0 menunjukkan kondisi netral dan nyaman.
2. Indeks PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), yang digunakan untuk memperkirakan persentase orang yang merasa tidak puas terhadap kondisi termal tertentu.

Kenyamanan termal yang tidak tercapai dapat menurunkan kapasitas kerja manusia. Pada suhu di atas ambang kenyamanan, penghuni mulai berkeringat, mudah lelah, dan terjadi penurunan performa aktivitas (Lippsmeier, 1994 ; Sitanggang, dkk.,2021). Batas-batas suhu nyaman secara termal (suhu efektif/TE) untuk kondisi khatulistiwa adalah pada kisaran 19°TE (batas bawah) – 26°TE (batas atas). Pada suhu 26°TE, banyak manusia mulai berkeringat, dan pada suhu 26.5°TE – 30°TE, kemampuan kerja manusia mulai menurun (Lippsmeier, 1994 dalam Munawaroh, dkk., 2022).

Kenyamanan termal pada hunian dipengaruhi langsung oleh 6 Faktor utama (suhu udara, suhu radiasi, kelembapan, kecepatan udara, tingkat metabolisme, dan pakaian), dan dipengaruhi secara tidak langsung oleh desain arsitektur dan fisika bangunan. Faktor-faktor desain arsitektur yang krusial (Ariestadi, dkk., 2014 ; Utomo, dkk., 2023), yaitu:

1. Lokasi dan Orientasi bangunan terhadap matahari dan angin
2. Upaya reduksi panas sekitar bangunan
3. Desain tata ruang, bentuk, serta selubung bangunan
4. Pengaturan bukaan untuk memaksimalkan ventilasi silang
5. Sistem penghawaan dan pencahayaan buatan

Di Kawasan Kota Bekasi, suhu udara rata-rata pada bulan September 2025 berada pada kisaran 24°-32° C (id.weatherspark.com). Sedangkan menurut SNI T-14-1993-03 (Standar Kenyamanan Termal Indonesia), suhu dalam ruang yang nyaman optimal berada di kisaran 22,8°-25,8° C. Cluster “Grand Al-Ikhsan Premier” merupakan suatu kawasan hunian yang menghadapi tantangan iklim tersebut. Dengan 4 tipe hunian (Tabebuaya, The Spring, Summer Breeze dan Sakura) yang memiliki dimensi dan orientasi bangunan yang berbeda, penulis bertujuan untuk meneliti apakah desain arsitektur unit hunian ini telah berhasil memenuhi aspek kenyamanan termal berdasarkan indeks PMV dan PPD

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikategorikan ke dalam jenis penelitian Deskriptif Kuantitatif, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi kenyamanan termal pada unit hunian secara objektif melalui data numerik hasil pengukuran lapangan. Adapun Lokasi penelitian terletak pada Cluster Grand Al-Ikhsan Premier Bekasi Timur.

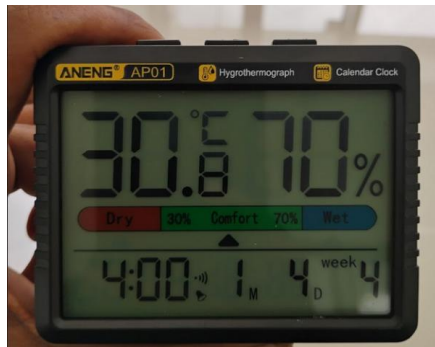


Gambar 1. Site Plan Grand Al-Ikhsan Premier
Sumber: Analisa Penulis 2025

Pengumpulan data merupakan salah satu aspek yang berperan dalam kelancaran dan keberhasilan dalam sebuah penelitian. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder yang menyesuaikan dengan judul penelitian yang diangkat

2.1. Pengumpulan Data

Data primer pada penelitian ini berupa hasil observasi yang dilakukan penulis terhadap sampel penelitian yang berkaitan dengan perumusan masalah yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini observasi dan pengukuran langsung dilakukan pada ruang tamu hunian, dimana ruang tamu berfungsi sebagai ruang utama hunian yang paling sering digunakan, serta memiliki bukaan yang relatif besar, sehingga dianggap dapat mewakili kondisi termal terbaik yang dapat dicapai oleh ventilasi alami. Pengukuran dilakukan secara sesaat, dengan durasi ± 5 menit pada setiap unit hunian setelah kondisi alat ukur relatif stabil. Pengukuran dilakukan antara pukul 11:00 WIB s/d 12.15 WIB, dengan kondisi jendela dan pintu terbuka. Waktu pengukuran dipilih karena dianggap mewakili kondisi termal yang paling tidak nyaman (siang hari/tengah hari). Data yang diukur meliputi suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan aliran udara. Instrumen pengukuran data dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2: Digital Thermometer + Hygrometer untuk mengukur suhu udara dan kelembapan
Sumber: Dokumen Penulis 2025



Gambar 3 Digital Anemometer untuk mengukur kecepatan udara
Sumber: Dokumentasi penulis 2025



Gambar 4 Digital Compass untuk melihat orientasi bangunan
Sumber: Dokumentasi penulis 2025

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh penulis secara tidak langsung melalui buku-buku, jurnal, internet, dan dokumen lainnya untuk mendukung terhadap analisis yang dilakukan.

2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis data bertujuan untuk mengetahui bagaimana aspek kenyamanan termal pada unit hunian pada Cluster Grand Al-Ikhsan Premier. Analisis data dilakukan dengan analisis kuantitatif, menggunakan indeks PMV dan PPD. Perhitungan analisis ini menggunakan kalkulator Indeks PMV dan PPD, yang dilakukan pada website CBE (*Center for the Build Environment*), Berkeley, University of California.

Parameter yang digunakan dalam perhitungan meliputi suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan aliran udara, tingkat metabolisme, dan tingkat insulasi pakaian. Tingkat metabolisme diasumsikan sebesar 1,0 met, yang merepresentasikan aktivitas ringan di dalam ruang, sedangkan tingkat insulasi pakaian diasumsikan sebesar 0,61 clo, yang merepresentasikan pakaian sehari-hari pada kondisi iklim tropis.

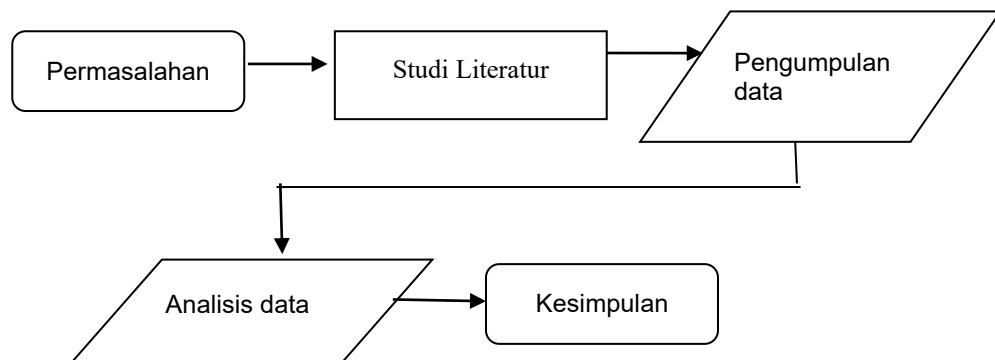
Mean Radiant Temperature (MRT), tidak secara langsung diukur pada penelitian ini, melainkan dengan asumsi bahwa *Air Temperature* = *Mean Radiant Temperature*. Asumsi ini digunakan karena penelitian ini dilakukan pada ruang dalam (ruang tamu), dan berfokus pada kondisi kenyamanan termal secara umum, dimana pengaruh suhu udara dianggap lebih dominan dibandingkan pengaruh radiasi termal.

Kecepatan aliran udara yang terbaca 0,0 m/s pada alat ukur, menunjukkan bahwa nilai tersebut berada di bawah batas sensitivitas alat, sehingga, digunakan nilai representatif sebesar 0,05 m/s untuk menggambarkan kondisi udara dalam ruang.

The image shows a web-based calculator interface for thermal comfort. It is titled 'Inputs'. The 'Select method' dropdown is set to 'PMV method'. The 'Air temperature' is set to 25 °C, with an unchecked 'Use operative temp' checkbox. The 'Mean radiant temperature' is also set to 25 °C. The 'Air speed' is 0.1 m/s, with a 'No local control' dropdown. The 'Relative humidity' is 50%, with a 'Relative humidity' dropdown. The 'Metabolic rate' is 1 met, with a 'Seated, quiet: 1.0' dropdown. The 'Clothing level' is 0.61 clo, with a 'Trousers, long-sleeve shirt' dropdown.

Gambar 5 Kalkulator Termal CBE. Sumber: <https://comfort.cbe.berkeley.edu>
 Sumber: Dokumentasi penulis 2025

2.3. Sistematika Penelitian



Gambar 6. Bagan Alur Metodologi Penelitian
 Sumber: Analisa penulis 2025

Keterangan gambar:

- 1) Permasalahan Adalah sebagai langkah awal dari setiap penelitian. Tahap ini melibatkan identifikasi, pemilihan, dan perumusan masalah kenyamanan termal pada rumah yang terdapat pada perumahan Cluster Grand Al-Ikhsan Premier, Bekasi Timur.
- 2) Studi Literatur merupakan, langkah selanjutnya yaitu dengan mencari literatur atau tinjauan pustaka. Peneliti yang berhubungan dengan kenyamanan termal.
- 3) Pengumpulan Data (Primer & Sekunder): Berdasarkan studi literatur, peneliti kemudian mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Data ini berupa:
 - a) Data Primer: Data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti untuk tujuan penelitian spesifik ini, dengan melakukan survei, wawancara, observasi, atau eksperimen.
 - b) Data Sekunder: Data yang sudah ada dan dikumpulkan oleh pihak lain untuk tujuan yang berbeda, tetapi dapat digunakan kembali oleh peneliti, antara lain data dari badan statistik, laporan pemerintah, atau publikasi penelitian sebelumnya.
- 4) Analisis Data: Setelah data terkumpul, data tersebut diolah dan dianalisis. Metode analisis yang digunakan sesuai dengan jenis data (kualitatif atau kuantitatif) dan tujuan penelitian. Tahap ini bertujuan untuk menemukan pola, hubungan, dan wawasan dari data untuk menjawab beberapa permasalahan terhadap kenyamanan termal pada rumah dalam perumahan yang diteliti.

- 5) Kesimpulan: Ini adalah tahap akhir di mana peneliti merangkum hasil dari analisis data yang merupakan interpretasi dari temuan, implikasi dari hasil penelitian, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

3. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, kondisi termal pada ruang tamu unit hunian menunjukkan hasil yang bervariasi, meskipun unit hunian berada dalam kawasan hunian yang sama. Berikut tabel yang menyajikan hasil pengukuran termal pada masing-masing unit hunian:

Tabel 1 : Hasil Pengukuran Termal pada sampel

No	Kode Unit	Tipe	Orientasi	Suhu Udara	Kelembapan Relatif (RH)	Rata-Rata Kecepatan Udara	MRT
1	C-08	Tabebuaya	20° N	29.9° C	74%	0.05 m/s	29.9°
2	E-06	Spring	14° N	30.8° C	68%	0.05 m/s	30.8°
3	D-27	Summer Breeze	216° SW	30.8° C	72%	0.1 m/s	30.8°
4	E-17	Sakura	211° SW	31.2° C	62%	0.5 m/s	31.2°
5	E-15	Sakura	207° SW	30.4° C	67%	0.3 m/s	30.4°
6	A-07	Spring	117° SE	29.7° C	71%	0.05 m/s	29.7°
7	C-11	Tabebuaya	206° SW	30.2° C	70%	0.05 m/s	30.2°

Sumber: Analisa Penulis 2025

Secara umum, suhu udara dalam ruang berkisar antara 29.7° - 31.2°, dengan kelembapan relatif berkisar antara 62 – 74%. Kecepatan aliran udara pada sebagian besar unit hunian tergolong rendah, yang menunjukkan terbatasnya aliran udara alami, meskipun bukaan dalam kondisi terbuka. Variasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti orientasi bangunan dan konfigurasi bukaan.

4. PEMBAHASAN

Kenyamanan termal dilakukan menggunakan Indeks PMV dan PPD dengan memanfaatkan kalkulator CBE (*Center for the Built Environment*). Parameter input yang digunakan meliputi suhu udara, *Mean Radiant Temperature*, kelembapan relatif, kecepatan aliran udara, tingkat metabolisme (1,0 met), dan tingkat insulasi pakaian (0,61 clo). Nilai MRT, diperlakukan sama dengan suhu udara ruang dalam perhitungan PMV. Berikut tabel penyajian Indeks PMV dan PPD :

Tabel 2 : Hasil Perhitungan Indeks PMV dan PPD

No	Kode Unit	Suhu Udara (°C)	RH (%)	Rata-Rata Kecepatan Udara (m/s)	MRT	PMV	PPD	Kategori Kenyamanan (Fanger)
1	C-08	29.9°	74%	0.05	29.9°	+1.90	72%	Hangat
2	E-06	30.8°	68%	0.05	30.8°	+2.16	84%	Panas
3	D-27	30.8°	72%	0.1	30.8°	+2.13	82%	Panas
4	E-17	31.2°	62%	0.5	31.2°	+1.34	42%	Hangat
5	E-15	30.4°	67%	0.3	30.4°	+1.41	46%	Hangat
6	A-07	29.7°	71%	0.05	29.7°	+1.80	67%	Hangat
7	C-11	30.2°	70%	0.05	30.2°	+1.97	75%	Hangat

Sumber: Analisa Penulis 2025

Berdasarkan tabel di atas, hasil analisis PMV dan PPD menunjukkan bahwa seluruh sampel unit hunian berada pada kondisi hangat hingga panas, dengan nilai PMV berkisar antara +1.34 – +2.16, dan PPD berkisar antara 42 – 84%. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian penghuni diperkirakan akan mengalami ketidakpuasan termal terhadap kondisi ruang. Meskipun demikian, dapat dilihat bahwa unit hunian dengan kecepatan udara yang lebih tinggi cenderung memiliki nilai PMV dan PPD yang relatif rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa pergerakan udara alami memiliki peranan penting dalam menurunkan tingkat ketidaknyamanan termal.

4.1. HASIL ANALISIS FAKTOR ARSITEKTUR BANGUNAN

Berdasarkan hasil analisa penulis, terdapat beberapa faktor desain arsitektur dan fisika bangunan yang mempengaruhi kondisi kenyamanan termal pada sampel unit hunian di lokasi penelitian, antara lain:

a) Orientasi Bangunan

Berdasarkan data pada tabel 1 dan 2, orientasi bangunan memiliki keterkaitan terhadap kondisi kenyamanan termal pada unit hunian yang diteliti, meskipun pengaruhnya tidak berdiri sendiri dan dipengaruhi oleh faktor desain lainnya.

Unit hunian dengan orientasi yang cenderung menghadap ke utara hingga timur laut (Unit C-08, Unit E-06), menunjukkan suhu udara ruang yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan unit yang menghadap barat daya (E-17, E-15).

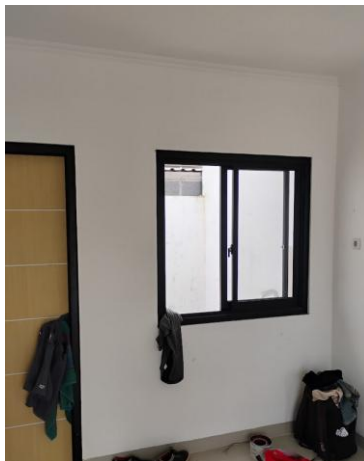
Meskipun unit E-06 berada pada orientasi yang relatif lebih menguntungkan terhadap paparan sinar matahari, nilai PMV yang lebih tinggi pada unit ini menunjukkan bahwa orientasi bangunan saja tidak cukup untuk menjamin kenyamanan termal yang ideal.

Di sisi lain, beberapa unit hunian dengan orientasi Barat Daya, seperti E-17 dan E-15, justru memiliki nilai PMV yang lebih rendah dibandingkan sampel hunian lainnya, meskipun suhu udara yang tercatat relatif tinggi.

Hal ini dikarenakan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi pada unit tersebut, yang berperan dalam menurunkan sensasi panas yang dirasakan. Hal ini menunjukkan bahwa orientasi bangunan berpengaruh terhadap besarnya beban panas yang diterima ruang, namun dapat dikompensasi oleh faktor lain, seperti kecepatan aliran udara.

b) Desain dan Konfigurasi Bukaannya

Perbedaan luas, tipe, dan posisi bukaan mempengaruhi efektivitas aliran udara alami. Unit dengan tipe konfigurasi bukaan tertentu, yang lebih mendukung aliran udara menunjukkan kecepatan udara yang lebih tinggi, seperti dicontohkan pada gambar 5 dan 6, berikut ini



Gambar 7 Tipe Jendela Bukaan pada unit E-15 dan E-17
Sumber: Dokumentasi Penulis 2025



Gambar 8. Tipe Jendela Buka-an pada unit C-08
Sumber: Dokumentasi Penulis 2025

Tipe bukaan jendela sliding seperti pada unit E-15 dan E-17, menghasilkan aliran udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan unit C-08, seperti ditunjukkan pada tabel. Meskipun masih terdapat faktor penentu lain seperti bagaimana kecepatan angin di luar hunian, namun perbedaan tipe bukaan ini memiliki pengaruh terhadap aliran udara yang masuk ke unit hunian, dan mempengaruhi kenyamanan termal.

c) Ventilasi Alami dan Pergerakan Udara

Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit hunian dengan kecepatan udara lebih besar (0,3-0,5 m/s) memiliki tingkat ketidaknyamanan termal yang lebih rendah dibanding unit hunian yang memiliki kecepatan udara yang sangat rendah (0,05 m/s). Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan udara merupakan faktor dominan dalam meningkatkan kenyamanan termal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan analisis kenyamanan termal menggunakan Indeks PMV dan PPD pada unit hunian di Cluster Grand Al-Ikhsan Premier, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. **Kondisi kenyamanan termal** unit hunian pada sampel, belum berada dalam kondisi nyaman. Hasil analisis PMV menunjukkan rentang angka dari +1.34 hingga +2.16, dan PPD pada rentang angka 42% hingga 84%. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi termal unit hunian adalah Hangat hingga Panas, dengan sebagian besar penghuni diperkirakan akan merasa tidak puas terhadap kondisi termal ruang pada sampel hunian.
2. Berdasarkan hasil penelitian, faktor utama yang mempengaruhi **kenyamanan termal** adalah suhu udara, kelembapan relatif, dan kecepatan aliran udara. Meskipun seluruh pengukuran dilakukan dengan kondisi bukaan yang terbuka, kecepatan aliran udara pada sebagian besar sampel penelitian tergolong rendah, sehingga menyebabkan sensasi panas yang dominan, terutama pada ruang dengan suhu udara dan kelembapan yang tinggi.
3. **Orientasi bangunan** berpengaruh terhadap kondisi termal ruang, namun bukan merupakan faktor tunggal. Unit hunian dengan orientasi tertentu pada penelitian ini cenderung memiliki suhu udara yang lebih tinggi, namun pengaruh itu dapat diminimalisir atau dikompensasi oleh faktor lain, seperti kecepatan aliran udara. Hal ini dapat dilihat dari beberapa sampel yang memiliki orientasi yang kurang baik terhadap matahari, namun menunjukkan nilai PMV yang lebih rendah, karena didukung oleh kecepatan aliran udara yang lebih baik.
4. **Ventilasi alami** memiliki peran penting terhadap menurunkan ketidaknyamanan termal. Unit hunian dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi menunjukkan nilai PMV dan PPD yang lebih rendah, meskipun suhu udara ruang pada unit hunian tersebut relatif tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan udara di dalam ruang dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan kenyamanan termal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggi, A., Hamdy, M. A., & Latief, S. (2025). Penerapan arsitektur bioklimatik pada balai latihan kerja untuk optimalisasi energi dan kenyamanan termal pengguna. *Jurnal SULAPA*, 7(1), 1–8.
- Ariestadi, D., Alfianto, I., & Sulton, M. (2014). Kriteria kinerja energi untuk kenyamanan termal pada bangunan fasilitas pendidikan tinggi di Indonesia. *Jurnal RUAS*, 12(1), 30–37.
- Center for the Built Environment. (n.d.). Thermal comfort tool. <https://comfort.cbe.berkeley.edu>
- Delyuzir, R. D. (2020). Analisa rumah sederhana sehat terhadap kenyamanan ruang. *Jurnal Arsitekta*, 2(2).
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill.
- Frick, H., Ardiyanto, A., & Darmawan, A. M. S. (2008). *Ilmu fisika bangunan*. Kanisius.
- Latifah, N. L., Perdana, H., Prasetya, A., & Siahaan, O. P. M. (2013). *Kajian kenyamanan termal pada bangunan student center Iteas Bandung*. Institut Teknologi Nasional.
- Lippsmeier, G. (1994). *Bangunan tropis*. Erlangga.
- Misbach, I. P., Bakri, M., & Sumarto, D. A. (2022). Konsep optimalisasi kenyamanan termal pada perancangan pusat pelatihan bahasa asing di Banda Aceh. *Jurnal ARCADE*.
- Munawaroh, A. S., Wibowo, I. B., Heriawan, S. A., & Nuzir, F. A. (2022). Kenyamanan termal pada bangunan rumah tinggal. *Jurnal Arsitekta*, 4(1).
- Sitanggang, R. A., Kindangen, J. I., & Tondobala, L. (2021). Analisa rumah sederhana sehat terhadap kenyamanan ruang. *Jurnal Fraktal*, 6(1), 30–37.
- Utomo, P. K., Sari, D. P., Nanda, H. D., & Nurjannah, C. U. (2023). Pengaruh konfigurasi ruang terhadap kenyamanan termal pengguna gedung di daerah beriklim tropis lembab. *Jurnal Arsitektur Zonasi*, 6(1), 185–196.
- WeatherSpark. (n.d.). Average weather in Bekasi. Retrieved November 10, 2025, from <https://id.weatherspark.com/>
- Willyanto, E. (2017). Pengaruh desain arsitektural terhadap kenyamanan termal bangunan iklim tropis lembab [Skripsi, Universitas Tarumanegara].