


Evaluasi Kenyamanan Termal *Courtyard* Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Rahmayanti^{1*}, Nur Mutmainnah², Niniek Pratiwi

^{1,3} Arsitektur Bangunan Gedung, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No.6, Kota Gorontalo, Indonesia

² Teknik Arsitektur, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof.BJ. Habibie, Indonesia

<p>Article Info: Submitted: Oktober, 2025 Reviewed: November, 2025 Accepted: Desember, 2025</p>	<p>Abstract</p> <p><i>Thermal comfort is a fundamental parameter in architectural performance, especially in tropical climate regions. This study presents a thermal evaluation an outdoor open courtyard in the Faculty of Engineering, Universitas Negeri Gorontalo. Field measurements were conducted for 60 minutes using air temperature, black-globe radiation temperature, relative humidity, and wind speed as primary indicators. Results show that the courtyard exceeded comfort tolerance: average temperature reached 46 , global radiation >47 , humidity ranged from 32–48 % , and wind speed was near stagnant. The analysis reveals that direct solar exposure, heat-retentive paving, and blocked cross-ventilation due to building mass arrangement are the main contributors to outdoor thermal stress.</i></p>
<p>Keywords: Kata kunci 1; Kenyamanan Termal Kata Kunci 2; Ventilasi Alami Kata Kunci 3. Black globe Temperatur</p>	<p>Abstrak</p> <p>Kenyamanan termal merupakan elemen fundamental dalam desain ruang pada iklim tropis. Penelitian ini mengevaluasi kondisi termal antara <i>courtyard</i> (ruang luar terbuka) di Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Pengukuran meliputi suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan suhu radiasi bola hitam selama 60 menit pada rentang waktu 10.45–11.45 WITA. Hasil menunjukkan <i>courtyard</i> berada jauh di atas zona kenyamanan: suhu rata-rata mencapai 46 dengan radiasi global > 47, kelembaban hanya 32–48 % dan ventilasi udara ≤1,2 . Temuan menegaskan bahwa paparan radiasi langsung, komposisi material penyimpan panas, dan terhambatnya aliran angin akibat konfigurasi massa bangunan merupakan faktor utama yang menyebabkan <i>courtyard</i> memiliki tingkat panas ekstrem.</p>
<p>Koresponden Penulis: Rahmayanti Arsitektur Bangunan Gedung, Universitas Negeri Gorontalo Jl. Jend. Sudirman No.6, Indonesia Email: rahmayantiung.ac.id</p>	<p style="text-align: right;"><i>This is an open access article under the CC BY license.</i></p> 

1. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal merupakan aspek penting dalam perancangan bangunan dan ruang luar pada iklim tropis, yang dicirikan oleh suhu udara tinggi dan intensitas radiasi matahari yang kuat. Kondisi termal yang tidak nyaman dapat memengaruhi kesehatan, stamina, serta durasi aktivitas pengguna ruang. Dalam konteks kampus, *courtyard* sering dirancang sebagai ruang transisi dan ruang sosial, namun pada iklim tropis berpotensi mengalami akumulasi panas akibat paparan radiasi langsung dan minimnya ventilasi alami.

Fanger (1970) menjelaskan bahwa kenyamanan termal tercapai ketika keseimbangan panas antara tubuh manusia dan lingkungan dapat dipertahankan, yang dipengaruhi oleh suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi. Standar ASHRAE 55-2023 menegaskan bahwa apabila salah satu parameter tersebut berada di luar ambang toleransi, maka tingkat ketidaknyamanan termal akan meningkat secara signifikan. Beberapa studi menunjukkan bahwa *courtyard* yang dikelilingi massa bangunan dan menggunakan material lantai keras berpotensi membentuk

kondisi *heat pocket*, yaitu ruang yang menjebak panas dan memperburuk kenyamanan termal pada jam siang hari (Ardillah et al., 2019; Yonengsih et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan termal courtyard Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo secara kuantitatif, serta mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap terjadinya stres panas pada ruang luar kampus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Kenyamanan Termal dalam Arsitektur Tropis

Kenyamanan termal merupakan kondisi ketika tubuh manusia tidak merasakan sensasi panas atau dingin berlebih, serta proses perpindahan panas antara tubuh lingkungan berlangsung seimbang (Fanger, 1970). Pada iklim tropis lembab seperti Gorontalo, kenyamanan sangat dipengaruhi oleh empat parameter utama: suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan suhu radiasi. Teori *Predicted Mean Vote (PMV)* yang dikembangkan Fanger menjadi dasar global evaluasi kenyamanan termal dan masih digunakan dalam standar ASHRAE hingga saat ini.

Ardillah et al. (2019) memperluas teori adaptif tersebut dan menekankan bahwa pengguna bangunan di iklim tropis membutuhkan kecepatan angin minimal 0,3 , terutama pada ruang ventilasi alami. Ventilasi tidak hanya berperan sebagai penggerak udara, tetapi juga medium untuk mengusir panas yang terperangkap. Hal ini sejalan dengan kondisi ruang kelas tropis yang sering mengalami suhu tinggi meskipun tidak terkena radiasi langsung.

2.2. Ruang Terbuka Kampus & Fenomena *Heat-Trapping Courtyard*

Courtyard dikenal sebagai elemen ruang luar yang mendukung interaksi sosial, orientasi bangunan, dan distribusi cahaya alami. Namun, dalam iklim tropis, courtyard sangat rentan menjadi hot-spot termal. Susanti et al. (2022) memperkenalkan konsep *heat-trapping courtyard*, yaitu kondisi ketika panas matahari diserap oleh lantai beton/paving lalu dipantulkan kembali ke tubuh manusia. Nugroho (2020) menemukan bahwa courtyard tanpa vegetasi dapat memiliki suhu 3–6 lebih tinggi dibanding ruang sekitar. Hal ini membuktikan bahwa elemen lanskap memiliki peran fundamental dalam stabilisasi termal ruang luar. Penelitian Aryani (2019) menambahkan bahwa posisi *courtyard* dalam massa bangunan menentukan pola ventilasi. Jika hanya memiliki satu sisi terbuka, aliran angin menjadi terbatas dan menciptakan *thermal vortex* yang memperburuk kenyamanan di siang hari. Kondisi ini sangat relevan dengan kasus UNG, dimana bangunan mengelilingi courtyard dan membatasi *cross-airflow*.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental berbasis pengukuran lapangan (field measurement) untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan termal pada ruang terbuka *courtyard* Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran kondisi mikroklimat aktual yang dialami pengguna ruang berdasarkan parameter fisik lingkungan dan persepsi termal manusia secara langsung.

3.1. Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah *courtyard* (halaman tengah) Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Courtyard ini dikelilingi oleh massa bangunan pada beberapa sisi, memiliki permukaan keras berupa paving/beton, serta menerima paparan radiasi matahari langsung yang tinggi. Karakter tersebut menjadikan courtyard sebagai ruang luar yang berpotensi mengalami akumulasi panas dan stres termal, sehingga relevan untuk dilakukan evaluasi kenyamanan termal secara kuantitatif

3.2. Waktu dan Kondisi Pengukuran

Pengambilan data dilakukan pada:

- Hari/Tanggal: Jumat, 11 April 2025
- Waktu: Pukul 10.45 – 11.45 WITA

- Durasi Pengukuran: 60 menit
- Interval Pencatatan: Setiap 1 menit

Rentang waktu ini dipilih karena merepresentasikan periode beban panas maksimum pada siang hari, sehingga mampu menunjukkan kondisi termal paling kritis yang dialami pengguna courtyard

3.3. Variabel dan Parameter Evaluasi

Evaluasi kenyamanan termal courtyard dilakukan melalui pengukuran beberapa parameter utama, yaitu:

1. Suhu Udara (T) untuk mengetahui kondisi temperatur lingkungan
2. Suhu Radiasi Global (Black Globe Temperature) untuk merepresentasikan pengaruh radiasi matahari langsung dan pantulan permukaan
3. Kelembaban Relatif (RH) untuk menilai kapasitas pendinginan tubuh melalui evaporasi
4. Kecepatan Angin (V) sebagai indikator efektivitas ventilasi alami
5. Sensasi Termal Subjektif berdasarkan persepsi responden (panas/sangat panas)

Parameter-parameter tersebut merupakan komponen utama dalam penilaian kenyamanan termal pada iklim tropis.

3.4. Alat dan Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Thermometer dan Thermohyrometer untuk mengukur suhu dan kelembaban udara
- Anemometer untuk mengukur kecepatan angin
- Black Globe Thermometer untuk mengukur suhu radiasi lingkungan
- Tripod untuk menjaga kestabilan posisi alat ukur

Seluruh alat ditempatkan pada ketinggian $\pm 1,1$ meter dari permukaan tanah, sesuai dengan zona aktivitas manusia, serta dipantau secara kontinu selama proses pengukuran berlangsung

3.5. Prosedur Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. Penentuan titik pengukuran yang mewakili area aktivitas pengguna *courtyard*
2. Penyetelan dan penempatan alat ukur pada tripod
3. Pengukuran suhu udara, suhu radiasi, kelembaban, dan kecepatan angin secara simultan
4. Pencatatan data setiap 1 menit selama 60 menit
5. Pencatatan sensasi termal yang dirasakan oleh responden di lokasi
6. Dokumentasi kondisi fisik *courtyard* selama pengukuran

Langkah ini bertujuan memperoleh data objektif lingkungan yang terintegrasi dengan persepsi subjektif pengguna ruang.

3.6. Metode Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan:

- Analisis deskriptif kuantitatif, untuk mengetahui nilai rata-rata, maksimum, dan minimum setiap parameter termal
- Evaluasi tingkat kenyamanan termal, dengan menginterpretasikan kondisi lingkungan berdasarkan prinsip kenyamanan termal adaptif
- Interpretasi indeks PMV adaptif, guna mengklasifikasikan tingkat ketidaknyamanan termal (panas–sangat panas)
- Penilaian kesesuaian terhadap standar, mengacu pada ASHRAE Standard 55 dan SNI 03-6572-2001

Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi tingkat stres panas pada courtyard serta faktor-faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap rendahnya kenyamanan termal ruang terbuka kampus tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Termal *Courtyard* Berdasarkan Data Pengukuran

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 1 dan tren grafik temperatur udara (Gambar 1), suhu udara di courtyard Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo menunjukkan kondisi panas ekstrem yang berlangsung secara kontinu selama periode pengamatan pukul 10.45–11.45 WITA. Temperatur minimum tercatat sebesar 41,6 °C pada awal pengukuran, sementara nilai maksimum mencapai 48,7 °C menjelang akhir periode observasi. Pola grafik menunjukkan bahwa suhu udara tidak mengalami fluktuasi signifikan ke arah penurunan, melainkan cenderung stabil pada nilai tinggi sepanjang waktu pengamatan.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa panas di courtyard bukan bersifat insidental, tetapi merupakan hasil dari akumulasi energi panas yang terjadi akibat paparan radiasi matahari yang berkelanjutan dan rendahnya mekanisme pelepasan panas ke lingkungan sekitar. Menurut Fanger (1970), suhu udara yang melampaui ambang kenyamanan fisiologis akan meningkatkan beban panas tubuh secara signifikan, terutama ketika tidak diimbangi oleh pergerakan udara yang memadai. Dalam konteks courtyard ini, suhu udara yang secara konsisten berada jauh di atas zona nyaman menunjukkan bahwa ruang luar tersebut tidak mampu berfungsi sebagai ruang transisi termal yang adaptif bagi pengguna.

4.2. Suhu Radiasi dan Peran Black Globe Temperature

Nilai suhu radiasi bola hitam (black globe temperature) pada Tabel 1 memperlihatkan rentang antara 45,5 °C hingga 48,9 °C, dengan dominasi nilai di atas 47 °C. Grafik suhu radiasi menunjukkan kurva yang relatif sejajar dengan kurva suhu udara, namun berada pada nilai yang lebih tinggi. Hal ini menegaskan bahwa radiasi matahari langsung dan pantulan panas dari permukaan lantai *courtyard* menjadi faktor dominan pembentuk kondisi termal ekstrem.

Suhu radiasi memiliki pengaruh langsung terhadap keseimbangan panas tubuh karena tubuh manusia menyerap panas melalui radiasi selain melalui konveksi udara (Fanger, 1970). Ardillah et al. (2019) menjelaskan bahwa courtyard dengan permukaan keras seperti beton atau paving cenderung menyimpan panas dan memantulkannya kembali ke lingkungan sekitar, sehingga meningkatkan suhu radiasi yang dirasakan pengguna. Kondisi ini sangat terlihat pada hasil pengukuran, di mana meskipun terjadi variasi kecil pada suhu udara, suhu bola hitam tetap berada pada level tinggi dan konsisten.

4.3. Kecepatan Angin dan Stagnasi Udara

Data kecepatan angin pada Tabel 1 dan grafik menunjukkan bahwa sebagian besar waktu pengamatan ditandai oleh kecepatan angin mendekati 0 m/s, dengan beberapa lonjakan sesaat hingga sekitar 1,2 m/s. Namun, lonjakan tersebut bersifat temporer dan tidak cukup lama untuk memberikan efek pendinginan yang signifikan. Pola grafik kecepatan angin memperlihatkan bahwa aliran udara di courtyard cenderung tidak stabil dan terputus-putus.

Menurut ASHRAE Standard 55-2023, kecepatan angin merupakan faktor kunci dalam meningkatkan toleransi manusia terhadap suhu tinggi melalui mekanisme pendinginan konvektif dan evaporatif. Pada kondisi courtyard ini, rendahnya kecepatan angin menunjukkan bahwa ventilasi alami tidak bekerja secara efektif. Temuan ini sejalan dengan Ardillah et al. (2019) yang menyatakan bahwa posisi courtyard yang dikelilingi massa bangunan dapat menghambat aliran udara dan membentuk kantong udara panas (*heat pocket*). Dengan demikian, meskipun courtyard merupakan ruang terbuka, secara termal ruang ini berperilaku menyerupai ruang tertutup yang mengalami stagnasi udara.

4.4. Kelembaban Relatif dan Efektivitas Pendinginan Tubuh

Kelembaban relatif yang tercatat selama periode pengamatan berada pada kisaran 32–48%, dengan kecenderungan menurun seiring meningkatnya suhu udara (Gambar 1). Secara teoritis, kelembaban yang lebih rendah dapat meningkatkan efektivitas penguapan keringat. Namun, hasil pengukuran menunjukkan bahwa penurunan kelembaban ini tidak diikuti oleh penurunan sensasi panas yang dirasakan pengguna.

Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi *courtyard* Fakultas Teknik UNG, radiasi tinggi dan stagnasi udara memiliki pengaruh yang jauh lebih dominan dibandingkan peran kelembaban. Bunga (2020) menegaskan bahwa pada courtyard tropis tanpa peneduh, efek positif kelembaban rendah terhadap kenyamanan termal menjadi tidak signifikan apabila suhu radiasi dan suhu udara berada pada level ekstrem. Dengan demikian, meskipun kelembaban relatif berada pada tingkat menengah–rendah, tubuh manusia tetap mengalami kesulitan melepaskan panas secara efektif.

4.5. Sensasi Termal (CBT)

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa mayoritas responden merasakan kondisi “panas” hingga “sangat panas” sepanjang periode pengukuran. Sensasi “sangat panas” muncul dominan pada interval waktu ketika suhu bola hitam melampaui 48 °C dan kecepatan angin berada mendekati nol. Korelasi ini memperlihatkan kesesuaian yang kuat antara indikator fisik lingkungan dan respon subjektif manusia.

Berdasarkan pendekatan evaluasi kenyamanan termal dalam ASHRAE 55-2023, kombinasi suhu udara tinggi, suhu radiasi ekstrem, dan kecepatan angin rendah menempatkan kondisi courtyard pada kategori ketidaknyamanan termal berat, di mana sebagian besar pengguna diperkirakan tidak dapat mentoleransi lingkungan tersebut dalam durasi lama. Yonengsih et al. (2024) juga menemukan bahwa ruang luar kampus dengan kondisi termal serupa cenderung ditinggalkan pengguna pada jam siang hari karena meningkatnya stres panas dan kelelahan termal.

4.6. Sintesis Evaluatif

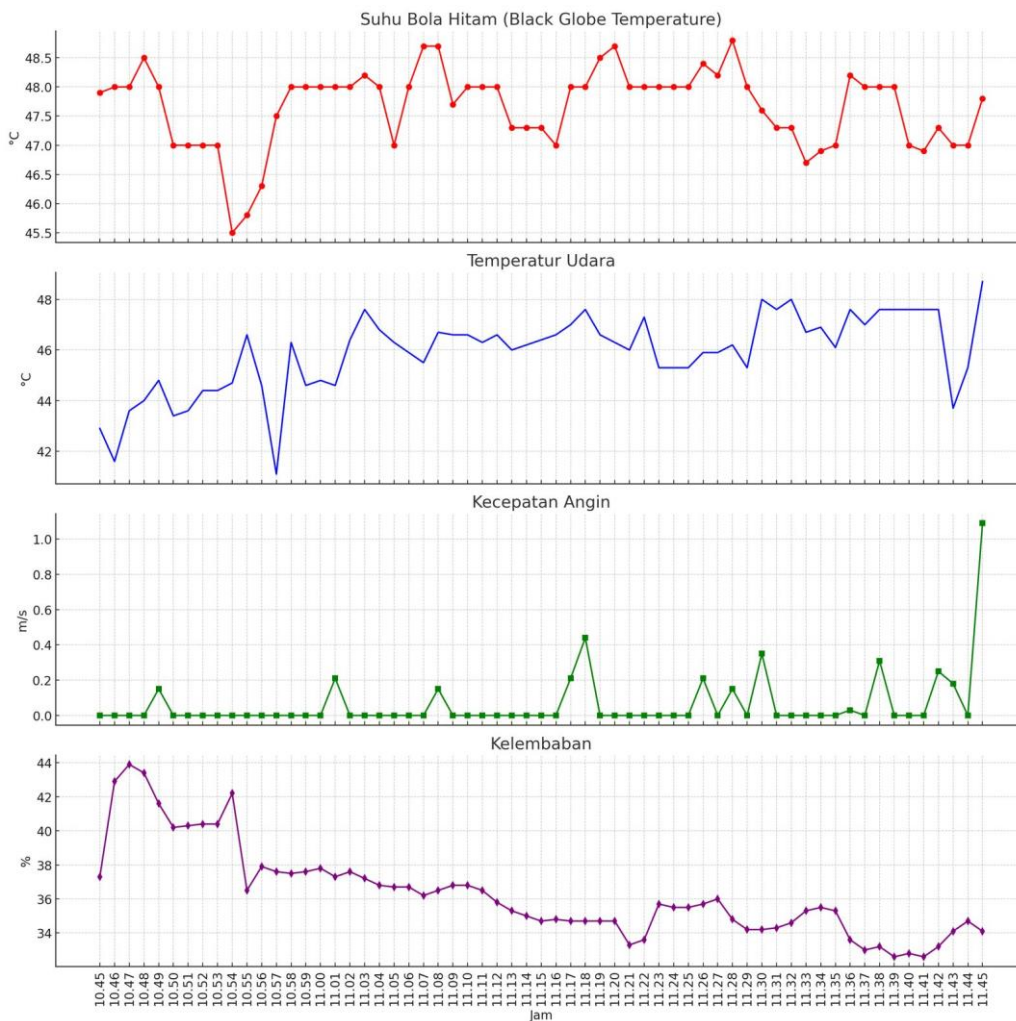
Integrasi antara data numerik pada Tabel 1 dan tren grafik pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa courtyard Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo mengalami stres panas yang bersifat kronis dan berulang, bukan kejadian sesaat. Grafik memperkuat bahwa tidak terdapat fase pemulihan termal selama periode pengamatan, sementara data tabel menunjukkan konsistensi persepsi ketidaknyamanan pengguna.

Dengan demikian, courtyard belum berfungsi sebagai ruang luar yang adaptif secara termal, melainkan sebagai ruang penjebak panas akibat kombinasi paparan radiasi tinggi, material penyimpanan panas, dan keterbatasan ventilasi alami. Temuan ini memperkuat urgensi penerapan strategi desain pasif seperti peneduhan, vegetasi, dan perbaikan jalur aliran udara untuk meningkatkan kualitas termal *courtyard* di lingkungan kampus tropis.

Tabel 1. Sensasi Termal pada *Courtyard*

NO	Jam	Bola Hitam (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Temperatur Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Sensasi Termal (CBT)
1.	10.45	47,9	0,00	42,9	37,3	Panas
2.	10.46	48,0	0,00	41,6	47,7	Panas
3.	10.47	48,2	0,00	44,3	43,9	Panas
4.	10.48	48,5	0,00	46,5	43	Sangat Panas
5.	10.49	48,5	0,10	48,2	38,6	Sangat Panas
6.	10.50	47,3	0,54	42,9	37,3	Panas
7.	10.51	47,0	0,00	44,3	40,2	Panas
8.	10.52	47,0	0,33	43,4	39,0	Panas
9.	10.53	46,1	0,00	44,9	40,1	Panas
10	10.54	45,5	0,37	45,5	37,0	Panas
11	10.55	45,8	0,12	46,3	38,8	Panas
12	10.56	46,3	0,00	44,1	39,5	Panas
13	10.57	47,5	0,00	47	37,9	Panas
14	10.58	48,0	0,00	46,6	36,3	Sangat Panas
15	10.59	48,0	0,00	46,3	37,5	Sangat Panas
16	11.00	48,3	0,00	47,4	38,1	Sangat Panas
17	11.01	48,4	0,21	46,7	37,8	Sangat Panas
18	11.02	48,2	0,00	45,7	37,9	Sangat Panas
19	11.03	48,2	0,00	47,2	37,2	Sangat Panas
20	11.04	48,0	0,00	46,8	37,6	Sangat Panas
21	11.05	47,9	0,00	46,3	37,1	Panas
22	11.06	48,0	0,00	45,9	35,1	Panas
23	11.07	47,8	0,00	45,5	36,2	Panas
24	11.08	47,8	0,00	45,3	35,8	Panas
25	11.09	47,7	0,00	46	36,8	Panas
26	11.10	47,8	0,23	46,4	34,8	Panas
27	11.11	47,7	0,14	46,9	35,1	Panas
28	11.12	47,2	0,00	46,5	33,5	Panas
29	11.13	47,3	0,00	47,8	34,3	Panas
30	11.14	47,5	0,33	47,9	34	Panas
31	11.15	47,5	0,00	48	34,1	Panas
32	11.16	47,7	0,46	46,8	34,7	Panas
33	11.17	48,0	0,21	48	34,7	Panas
34	11.18	48,2	0,44	47,4	34,7	Sangat Panas
35	11.19	48,5	0,46	46,9	34,2	Sangat Panas
36	11.20	48,7	0,00	46,3	34,7	Sangat Panas
37	11.21	48,8	0,00	46,8	33,3	Sangat Panas
38	11.22	48,5	0,00	47,3	35,8	Sangat Panas
39	11.23	48,3	0,06	45,3	36,3	Sangat Panas
40	11.24	47,9	0,00	45	37,5	Sangat Panas
41	11.25	48,4	0,00	45,3	35,5	Sangat Panas
42	11.26	48,5	0,21	45,9	36,6	Sangat Panas
43	11.27	48,5	0,00	45,5	36,1	Sangat Panas
44	11.28	48,8	0,00	46,3	35,3	Sangat Panas
45	11.29	48,8	0,12	47,7	37,4	Sangat Panas
46	11.30	48,5	0,35	47,7	34,8	Panas
47	11.31	47,6	0,56	47,9	34,2	Panas
48	11.32	47,8	1,13	48,7	35,2	Panas
49	11.33	47,0	0,50	46,1	35,7	Panas
50	11.34	46,7	0,00	46	35,5	Panas
51	11.35	46,9	0,63	46,1	35,3	Panas
52	11.36	47,5	0,16	47,8	34,5	Panas
53	11.37	48,2	0,31	47,8	33	Panas
54	11.38	48,9	1,21	48,7	32,1	Panas
55	11.39	48,4	0,16	47,7	34	Panas
56	11.40	48,0	0,00	48,2	32,8	Panas
57	11.41	47,5	0,00	46,7	35,3	Panas
58	11.42	46,9	0,25	47,7	33,2	Panas

59	11.43	47,3	0,18	47,2	34,1	Panas
60	11.44	47,7	0,31	47,7	33,9	Panas
61	11.45	47,8	1,09	48,7	34,1	Panas



Gambar. 1. Rata-rata Temperatur dan kelembaban udara, kecepatan angina di Courtyard Fakultas Teknik UNG, April 2025 (Source: Penulis, 2025)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kenyamanan termal courtyard Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo melalui pengukuran lapangan dapat disimpulkan bahwa courtyard berada dalam kondisi stres panas tinggi dan berkelanjutan selama periode pengamatan pukul 10.45–11.45 WITA. Temperatur udara yang tercatat konsisten berada pada kisaran ekstrem ($\pm 41,6$ – $48,7$ °C), sementara suhu bola hitam sebagai indikator beban radiasi mencapai hingga $\pm 48,9$ °C. Kondisi ini menandakan dominasi radiasi matahari langsung dan pantulan panas permukaan sebagai faktor utama pembentuk ketidaknyamanan termal.

Kecepatan angin yang sangat rendah dan dominan mendekati 0 m/s menunjukkan bahwa ventilasi alami courtyard tidak berfungsi secara efektif. Meskipun terdapat lonjakan angin sesaat, aliran udara tersebut tidak cukup berkelanjutan untuk memberikan efek pendinginan fisiologis. Kelembaban relatif yang berada pada kisaran menengah–rendah (± 32 – 44 %) tidak mampu mengimbangi beban panas karena kombinasi suhu dan radiasi yang sangat tinggi. Hal ini menegaskan bahwa dalam konteks courtyard ini, radiasi dan stagnasi udara lebih berpengaruh terhadap kenyamanan termal dibandingkan kelembaban.

Persepsi subjektif pengguna (CBT) yang didominasi oleh sensasi “panas” dan “sangat panas” sepanjang periode pengamatan menunjukkan kesesuaian yang kuat antara data objektif lingkungan dan respon termal manusia. Berdasarkan pendekatan kenyamanan termal adaptif ASHRAE 55, kondisi tersebut berada pada kategori *severe thermal discomfort* ($PMV > +2$), dengan tingkat ketidakpuasan pengguna diperkirakan melebihi 85%. Dengan demikian, courtyard Fakultas Teknik UNG belum berfungsi sebagai ruang transisi termal yang nyaman, melainkan sebagai ruang penjebak panas (*heat pocket*) yang berpotensi menurunkan kenyamanan, kesehatan, dan durasi aktivitas pengguna kampus pada jam-jam siang hari.

DAFTAR REFERENSI

Ardillah S. I et al. (2019). *Pengaruh posisi courtyard terhadap lingkungan termal ruang sekitar*. Jurnal Mahasiswa Arsitektur, 7(1), 1-12. <https://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/download/2195/1129arsitektur.studentjournal.ub>

Bunga S. (2020). *Pengaruh courtyard terhadap kenyamanan termal*. Repositori Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/182385/1/Bunga%20Shafira.pdfrepository.ub>

ASHRAE. (2023). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2023: Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>

Wawan Destiawan, LMF. (2020). *Radiasi termal pada smart glass sebagai komponen courtyard*. Semantic Scholar. <https://pdfs.semanticscholar.org/ae8e/41044dad3c7345c43271adb34c8c030b7f29.pdfpdfs.semanticscholar>

Satrio A.F. Yosafat W. (2025). *Konsep kenyamanan termal ruang tropis*. Jurnal Senthong, Universitas Sebelas Maret. <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong/article/download/2001/1056jurnal.uns>

Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. Danish Technical Press.

Yonengsih. Arris M., et al. (2024). *Kajian kenyamanan termal dan visual berdasarkan standar ruang kuliah*. Jurnal SPKTS UNJ. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/spkts/article/download/47671/17971/135148journal.unj>