



## Contact Cooling dan Hubungan Material Lantai, Alas Lantai, dan Kondisi Termal Ruangan Unit Hunian Rusun Sewa di Surabaya

Contact Cooling and the Relationships between Floor Covering Material, Mats, and Thermal Conditions of Highrise Rental Units in Surabaya

Oleh: **Graciani Cahyadresta Dewanda<sup>1\*</sup>**, **Sri Nastiti Nugrahani Ekasiwi<sup>2</sup>**,  
**I Gusti Ngurah Antaryama<sup>3</sup>**

### Abstract

This study examines the significant role of the floor in contact cooling, which is passive cooling that happens through direct contact with the human body. It investigates the dynamic of the relationship between floor covering materials, mats, and thermal conditions, a topic that has not been widely explored. As a starting point, this study correlates thermal conditions and the use of mats in three highrise rental flats in Surabaya. Study results show that floor temperature tends to be higher than room temperature. The average room temperature is 30.61°C, while the floor temperature reaches 32.20°C on average. The widely used underlay material is polypropylene carpet with an average thickness of 4.23±4.99 mm. In the context of a contact cooling process, floor covering materials act as both radiative and conductive cooling elements. Meanwhile, mats act as a thermal moderation whose condition can be adapted to match the occupants' behavioral patterns and preferences.

*Keywords:* thermal condition; floor covering material; contact cooling; rental highrise unit

### Abstrak

Studi ini mendalami peran signifikan dari lantai dalam *contact cooling* - pendinginan pasif yang terjadi melalui sentuhan langsung dengan tubuh manusia. Studi menginvestigasi dinamika dari hubungan antara lantai, alas lantai, dan kondisi termal, sebuah topik yang belum dieksplorasi secara luas. Sebagai titik awal, studi ini mengkorelasikan kondisi termal dengan pemanfaatan alas lantai di hunian rusun sewa di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu lantai cenderung lebih tinggi daripada suhu ruangan. Rata-rata suhu ruangan adalah 30.61°C, dan rata-rata suhu lantai adalah 32.20°C. Jenis material alas yang banyak digunakan adalah karpet polypropylene dengan ketebalan rata-rata adalah 4.23±4.99 mm. Dalam konteks *contact cooling*, lantai berperan sebagai elemen *radiative* dan *conductive cooling*. Sedangkan alas berperan sebagai moderasi termal yang bisa diadaptasikan sesuai dengan patrun tingkah laku dan preferensi dari penghuni.

*Kata kunci:* kondisi termal; bahan penutup lantai; *contact cooling*; rusun sewa

---

<sup>1</sup> Program Studi Magister, Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Email: diangraciani@gmail.com

<sup>2</sup> Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Email: nastiti@arch.its.ac.id

<sup>3</sup> Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Email: antaryama@arch.its.ac.id

## Pendahuluan

Permasalahan lingkungan saat ini banyak ditemukan akibat terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global, seperti kekeringan, banjir, peningkatan level air laut, penurunan hasil pertanian, peningkatan suhu dan gelombang panas, peningkatan konsumsi energi, dsb. Penanganan permasalahan perubahan iklim dapat dilakukan melalui mitigasi dan adaptasi (Suartika, 2021). Salah satu strategi untuk melakukan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim adalah aplikasi pendinginan pasif pada bangunan. Pendinginan pasif atau *passive cooling* merupakan strategi pendinginan yang mampu berkontribusi untuk mengontrol dan mereduksi kebutuhan pendinginan dan mencegah terjadinya *overheating* dalam bangunan (Santamouris, 2007). *Passive cooling* terdiri dari *solar control*, *ventilative cooling*, *ground/earth cooling*, *evaporative cooling*, dan *radiative cooling* (Santamouris, 2007; Santamouris & Asimakopoulos, 2013). Salah satu pendinginan pasif yang mampu menjadi strategi mengatasi perubahan iklim adalah pendinginan kontak atau *contact cooling*. Pendinginan kontak atau *contact cooling* merupakan salah satu pendinginan pasif yang dilakukan karena adanya interaksi antara elemen permukaan bangunan dengan tubuh manusia.

Pendinginan kontak menjadi salah satu strategi pendinginan pasif yang melibatkan konsep perpindahan panas radiasi dan perpindahan panas konduktif. Perpindahan panas radiasi (*radiative cooling*) terjadi akibat lantai yang telah didinginkan, memiliki suhu yang lebih rendah dibanding ruangan, sehingga panas dapat berpindah dari ruangan ke lantai. Apabila tidak terjadi pendinginan lantai dengan cara ini, maka pendinginan dilakukan sepenuhnya dengan *conductive cooling*. *Radiant floor cooling* menggunakan elemen lantai dengan suhu yang rendah sehingga dapat bekerja aktif secara termal sebagai penyerap radiasi panas dari ruangan (Moe, 2010). Penelitian-penelitian mengenai *radiant floor cooling* banyak diteliti dari segi material, sistem, performa, dan kenyamanan (Kitagawa dkk., 2021, 2022; Zhou dkk., 2019, 2022). Penelitian *radiant floor cooling* dengan material *phase-changed material* (PCM) diteliti pada konteks iklim tropis lembab untuk mengetahui optimasi jendela sebagai kombinasi pendinginan (Kitagawa dkk., 2021) dan kemampuan thermal storage pada material tersebut dalam melakukan pendinginan (Kitagawa dkk., 2022). Selain itu, *radiant floor cooling* juga diteliti kaitannya dengan kenyamanan termal dan respon fisiologis manusia (Zhou dkk., 2019) serta pengaruh dari penggunaan sistem *asymmetric radiant cooling* pada konteks bangunan kantor (Zhou dkk., 2022).

*Conductive cooling* merupakan pendinginan yang terjadi karena perpindahan panas secara konduksi. Dalam pendinginan kontak, proses ini terjadi ketika tubuh bersentuhan dengan elemen bangunan, yaitu elemen lantai (Szokolay, 2004). Penggunaan lantai sebagai elemen pendinginan ini dikarenakan banyaknya interaksi yang terjadi antara lantai dan manusia (Olesen, 2008). Studi mengenai *conductive cooling* telah dilakukan oleh Mekjavic dkk. (2021) kaitannya dengan kenyamanan termal dan aspek fisiologis manusia saat kontak pendinginan dengan tubuh dan menyebabkan perpindahan panas secara konduktif.

Fenomena interaksi antara manusia dengan lantai banyak dijumpai di Indonesia. Aktivitas sehari-hari banyak dilakukan di lantai, seperti berbincang, makan, dan bersantai tanpa alas kaki dengan postur yang beragam mulai dari duduk, berdiri, hingga rebahan (Harahap,

2023). Interaksi tersebut memiliki indikasi adanya kenyamanan yang dirasakan oleh manusia saat kontak dengan permukaan lantai. Kenyamanan ini dapat berupa sensasi dingin dari material keramik lantai (Bhatta dkk., 2019). Namun, ada pula kultur di Indonesia yang melakukan aktivitas pertemuan duduk di lantai dengan kombinasi alas atau penutup lantai, seperti tikar (Lukman dkk., 2015). Adanya penutup lantai tersebut dapat bersifat sebagai penahan perpindahan panas. Panas yang tertahan tersebut muncul dan menyebabkan bertambahnya perasaan nyaman daripada langsung bersentuhan dengan lantai apabila kondisi lantai dingin (Anjelita, 2022). Maka, peran penutup lantai dapat menjadi pengendali dinginya lantai atau sebagai moderasi termal saat kontak dengan tubuh manusia. Studi mengenai penutup lantai kaitannya dengan kondisi termal juga dilakukan oleh Ahn dkk. (2021), Mcneil dkk. (2016), dan Wolisz dkk. (2015). Studi oleh Ahn dkk. (2021) menyelidiki bagaimana material penutup lantai dapat mempengaruhi beban pendinginan dan pemanasan dalam bangunan (Ahn dkk., 2021). Mcneil dkk. (2016) menyelidiki penutup lantai sebagai insulasi terutama pada karpet wol dan efeknya pada kenyamanan termal (Mcneil dkk., 2016). Selain itu, metode simulasi terkait pengaruh penggunaan penutup lantai terhadap kinerja termal bangunan yang dinamis juga telah diteliti (Wolisz dkk., 2015).

Fenomena interaksi manusia dengan lantai dapat dijumpai pada hunian. Rumah susun adalah hunian kelas menengah ke bawah yang memiliki potensi pengembangan aplikasi pendinginan kontak sebagai pendinginan pasif alternatif yang memberikan kenyamanan termal dan hemat energi. Konsep perpindahan panas radiasi dengan *radiative cooling* dapat membantu mendinginkan ruangan secara radiasi dengan memanfaatkan pelepasan panas yang banyak terjadi di malam hari dengan bantuan ventilasi alami (Givoni, 1998). Konsep *conductive cooling* dapat membantu pendinginan pada tubuh secara konduktif dengan penutup alas sebagai moderasi termal atau pengendali proses perpindahan panas yang terjadi (Ahn dkk., 2021). Penelitian ini akan mengonfirmasi fenomena yang terjadi dengan menyelidiki secara langsung pada kasus rumah susun. Fenomena yang diamati adalah kondisi termal dan penggunaan material alas. Penelitian ini dapat menjadi pendahulu atau titik awal dari penelitian efektivitas pendinginan kontak di Indonesia sebagai negara dengan iklim tropis lembab dan hubungannya dengan material alas. Penelitian ini juga berkontribusi sebagai pengembangan ilmu pengetahuan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan dari segi arsitektur dan perlu peran berbagai pihak, seperti pemerintah dan komunitas dalam merealisasikannya (Mufidah, 2023).

## **Review Literatur**

Studi-studi yang dikaji dalam penelitian ini adalah studi-studi mengenai pendinginan kontak dengan perpindahan panas tertentu, material penutup lantai atau alas lantai, dan rumah susun sewa serta perilaku penghuni di dalamnya.

### **a. Pendinginan Kontak**

Pendinginan kontak merupakan strategi pendinginan pasif dengan media kontak dengan tubuh manusia. Sistem pendinginan kontak ini pada dasarnya dilakukan dengan dua sistem, yaitu pada *radiative cooling* dan *conductive cooling*. *Radiative cooling* merupakan pendinginan yang memanfaatkan elemen bangunan untuk melakukan pengondisian ruangan

secara radiasi. Elemen bangunan yang telah dieksplorasi mulai dari ceiling, dinding, dan juga lantai. Dalam penelitian ini, fokus pada elemen permukaan lantai sebagai media untuk pendinginan kontak. Elemen permukaan lantai yang didinginkan dan mampu mendinginkan ruangan secara radiasi dapat disebut dengan sistem *radiant floor cooling*. Saat tubuh kontak dengan permukaan akan menimbulkan sensasi tersendiri yang akan dirasakan oleh manusia. Sensasi tersebut dapat berupa panas maupun dingin. Ketika sensasi yang dirasakan adalah dingin, maka terjadi pendinginan secara konduktif atau *conductive cooling*. *Conductive cooling* merupakan pendinginan yang dilakukan secara konduktif melalui medium padat ke medium padat lain, dalam hal ini adalah lantai dan tubuh manusia (Szokolay, 2004).

## b. Material Alas Lantai

Alas lantai dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kain kanvas tahan air yang biasa dipakai untuk menutupi seluruh lantai. Penggunaan alas lantai atau penutup lantai (*floor covering*) juga umum dikenal dengan dua jenis atau kategori di dalamnya, yaitu karpet dan tikar. Karpet merupakan penutup lantai yang terbuat dari bulu dan tebal, sedangkan tikar terbuat dari anyaman berbahan dasar kayu, seperti bambu, rotan, dsb. Karakteristik tiap bahan karpet atau tikar amatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Bahan Karpet/Tikar

Jenis Bahan Karpet/Tikar	Karakteristik	Sumber
Sutra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga cukup tinggi</li> <li>• Proses pembuatan lama</li> <li>• Tekstur lembut</li> <li>• Dapat meredam suara</li> <li>• Sejuk saat digunakan</li> <li>• Perlu perawatan khusus</li> </ul>	Ghani (2023)
Rasfur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biasa digunakan untuk bahan boneka, bantal atau dompet</li> <li>• Cenderung murah</li> <li>• Banyak variasi warna</li> <li>• Tekstur halus dan lembut</li> <li>• Serat bulu disusun satu per satu sehingga nyaman dipijak</li> </ul>	Ghani (2023)
Polypropylene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perawatan mudah</li> <li>• Cepat kering bila terkena air</li> <li>• Terbuat dari bulu sintetis</li> <li>• Harga terjangkau</li> <li>• Nyaman dipakai</li> </ul>	Ghani (2023)
Wol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efektif dalam menghangatkan ruangan</li> <li>• Terbuat dari bulu yang hangat dan berukuran tebal</li> <li>• Tekstur empuk dan halus</li> <li>• Perawatan menggunakan <i>vacuum cleaner</i> atau <i>laundry</i> setiap 6 bulan sekali</li> </ul>	Ghani (2023)
Flanel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekstur agak kaku</li> <li>• Ketebalan 2 mm atau 5 mm</li> <li>• Berserat seperti kapas</li> <li>• Pinggiran kain tidak mudah lepas dan terjait rapi</li> </ul>	Hobi (2023)

Jenis Bahan Karpet/Tikar	Karakteristik	Sumber
Plastik + Spon Eva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekstur mudah dilipat atau digulung</li> <li>• Material spon eva dan plastic</li> <li>• Antislip dan antinode</li> <li>• Banyak variasi tipe dan motif</li> <li>• Harga terjangkau</li> </ul>	Mybest (2024)
Bambu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berbahan dasar alami, seperti kayu, seperti bambu, rotan, dsb disusun dengan metode anyaman</li> <li>• Tahan lama elastis</li> <li>• Dapat digunakan untuk berbagai fungsi atau kegiatan</li> </ul>	Ria (2012)
Tali Rafia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahannya ringan dengan sifat tidak berserabut dan tidak mudah putus</li> <li>• Mudah dilipat dan digulung</li> <li>• Cocok untuk acara dengan skala besar</li> <li>• Harga cukup terjangkau</li> </ul>	Primadiyatna & Cahya (2013)
Katun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan alami yang mudah diproduksi.</li> <li>• Ramah lingkungan dan memiliki banyak fungsi.</li> <li>• Serat bertekstur lembut, halus, dan tahan lama.</li> <li>• Efektif dalam menyerap zat warna sehingga mudah dibuat menjadi berbagai warna dan desain.</li> <li>• Tersedia dalam berbagai bahan dan bentuk.</li> </ul>	Account (2021)
Microsatin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sejenis plastik sintetis yang tidak mudah sobek, dapat dilipat, dan tahan air.</li> <li>• Cocok untuk piknik</li> <li>• Kegiatan <i>outdoor</i></li> <li>• Anti air</li> </ul>	Mybest (2024)

Penutup lantai memiliki berbagai fungsi, antara lain memberikan kenyamanan, daya tahan, keamanan, dekorasi, insulasi termal, dan insulasi suara (Ellis, 2022; Küçük & Korkmaz, 2019). Salah satu kegunaan dari penutup lantai atau alas ini adalah sebagai insulasi termal. Penutup lantai sebagai insulasi termal tentu memiliki properti termal yang sesuai untuk menahan panas, seperti nilai konduktivitas termal (*U-value*) yang rendah dengan ketebalan tertentu. Dalam konteks penelitian ini, material penutup lantai dapat dijadikan insulasi termal secara konduksi antara tubuh manusia dan lantai. Material yang memiliki *U-Value* rendah, dapat menahan perpindahan panas dengan baik. Tingkat resistensi suatu material untuk memindahkan panas juga dipengaruhi oleh nilai konduktivitas dan juga ketebalan material (Szokolay, 2004). Karpet *polypropylene* dengan kepadatan ikatan (*loop density*) dan panjang tali (*pile length*) yang tinggi dapat menghasilkan nilai konduktivitas termal yang rendah sehingga dapat berperan sebagai penahan panas atau insulasi termal yang baik (Küçük & Korkmaz, 2019).

### c. Rumah Sewa dan Fenomena Perilaku Penghuni

Menurut Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14 Tahun 2021, rumah susun adalah bangunan bertingkat dalam satu lingkungan dan terbagi dalam bagian-bagian yang terstruktur secara fungsional, baik horizontal maupun vertikal, dapat digunakan dan dimiliki secara terpisah tiap satuan-satuan, terutama sebagai tempat hunian

dengan bagian bersama, benda bersama dan tanah bersama. Berdasarkan Sabaruddin dkk. (2013), rumah susun di Indonesia terdiri dari *tower flat* dan *longitudinal flat* yang dibagi menjadi *single loaded* dan *double-loaded*. Sedangkan rumah susun di Surabaya terdiri dari tiga tipe, yaitu *twin-block* atau *tower flat*, *double loaded*, dan *single loaded* (Harahap, 2023). Dalam Harahap (2023), tipe rumah susun berdasarkan Gamero-Salinas dkk. (2021), yang memiliki kinerja baik secara termal secara berurutan dari paling kurang baik hingga paling baik adalah perimeter *buffer*, *atrium breezeway*, *sky terrace*, *horizontal breezeway*, dan *vertical breezeway* (Harahap, 2023). *Vertical breezeway* memiliki karakteristik yang sama dengan tipe rumah susun di Indonesia, yaitu *twin-block* dengan adanya *atrium void* di bagian tengah untuk jalur masuknya angin secara vertikal.

Berdasarkan Alfata dkk. (2015), suhu dalam ruangan pada bangunan apartemen tua empat lantai ada pada jangkauan 28-31°C. Selain itu, berdasarkan pada tesis yang disusun oleh Harahap (2023), kondisi termal rumah susun memiliki jangkauan suhu dalam ruangan saat melakukan pendinginan kontak yaitu, 27,7°C – 33,3°C dan pada suhu lantai berkisar antara 27°C – 31,5°C. Berdasarkan tesis yang disusun oleh Harahap (2023), adaptasi perilaku dilakukan oleh penghuni rumah susun melalui pendinginan kontak langsung dengan lantai, penggunaan ventilasi mekanis, dan penggunaan alas. Kebanyakan dari mereka yang menggunakan alas di atas lantai adalah karena alasan kesehatan dan preferensi masing-masing.

Berdasarkan Lukman dkk. (2015), ditemukan kultur orang Indonesia saat melakukan pertemuan dengan duduk di atas lantai di rumah masing-masing ditambah dengan penggunaan alas. Alas yang digunakan adalah berupa tikar (Lukman dkk., 2015). Kebanyakan penghuni memilih untuk melakukan adaptasi perilaku dengan duduk di lantai ditambah dengan penggunaan alas, yaitu sebanyak 40% dan penghuni yang melakukan adaptasi perilaku dengan duduk di lantai tanpa alas adalah sebanyak 37% (Harahap, 2023).

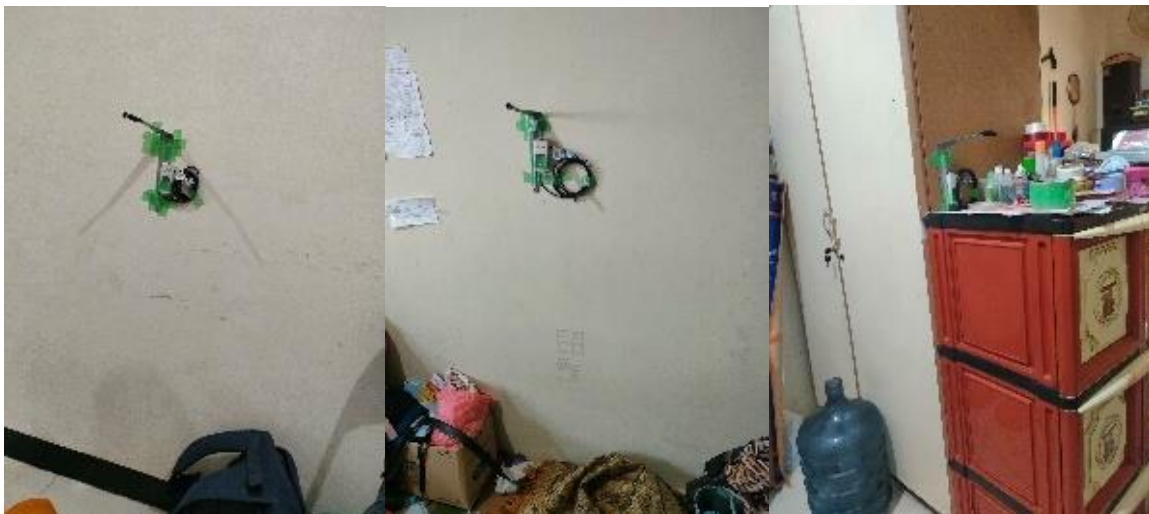
## Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi dan pengukuran lapangan yang dilakukan pada tiga rumah susun di Surabaya. Rumah susun yang dipilih adalah rumah susun dengan tipologi *twin-block* atau *vertical breezeway* dengan harapan memiliki kondisi termal yang baik (Gamero-Salinas dkk., 2021). Data primer yang dicari adalah kondisi termal dan penggunaan material alas. Kondisi termal yang dicari adalah suhu ruangan dan suhu lantai. Material alas yang dicari adalah ketebalan dan jenis material alas yang digunakan. Data sekunder didapatkan dari kajian penelitian terdahulu yang meneliti mengenai kondisi termal dan penggunaan alas pada rumah susun di Surabaya.

Objek yang diteliti adalah rumah susun sewa dengan penghawaan alami, dimana melalui observasi dan pengukuran lapangan rumah susun yang diamati adalah rumah susun dengan tipe *twin-block* atau *vertical breezeway*. Alasan tipe ini dipilih adalah untuk mendapatkan potensi nilai suhu lantai yang rendah sebagai potensi terjadinya pendinginan kontak. Rumah susun dengan tipe *twin-block* dengan adanya *atrium void* di bagian tengah untuk jalur masuknya angin secara *vertical* (Gamero-Salinas dkk., 2021). Rumah susun di Surabaya

yang memiliki tipe ini dan menjadi objek amatan adalah Rusunawa Gunung Anyar, Rusunawa Penjaringan Sari IV, dan Rusunawa Grudo.

Pengukuran kondisi termal dilakukan pada 29-30 Oktober 2023 pada Rusunawa Gunung Anyar, 12-13 November 2023 pada Rusunawa Penjaringan Sari, dan 21-22 November 2023 pada Rusunawa Grudo. Suhu ruangan diukur dari jam 17.30-07.30 dan suhu permukaan lantai diukur pada 05.30-07.30 di pagi hari untuk mendapatkan kemungkinan suhu rendah untuk potensi pendinginan kontak. Waktu pengukuran ini dilakukan di bulan terpanas di Surabaya. Alat ukur yang digunakan adalah *HOBOWare Type External Temperature RH Data Logger* untuk mengukur suhu ruangan dan *EXTECH Thermogun 42510A* untuk mengukur suhu permukaan lantai. Posisi alat ukur suhu ruangan diletakkan pada dinding atau furnitur dalam unit hunian dengan ketinggian 110 cm (Gambar 1).



**Gambar 1.** Posisi Peletakkan Alat Ukur Suhu Ruangan pada Unit Hunian

Suhu lantai diukur pada tempat yang tidak terlalu padat dengan benda yang kontak langsung dengan lantai, seperti furnitur dan manusia. Detail aktivitas penghuni saat suhu lantai diukur dapat dilihat pada Tabel 2. Observasi penggunaan alas dilakukan dengan dokumentasi foto dan penggaris untuk mengukur ketebalan material alas.

**Tabel 2.** Rincian Aktivitas Penghuni pada Unit Hunian saat Diukur

Nomor Unit Hunian	Jumlah Orang dalam Ruangan	Aktivitas
GA104	3	Memasak dengan kompor di lantai
GA105	3	Bersiap ke sekolah
GA408	6	Tidur di lantai dan bersiap bekerja
PS303	4	Bersiap ke sekolah
PS309	3	Setrika di lantai dan bersiap ke sekolah
PS512	2	Membersihkan rumah
G308	3	Tidur di lantai dan bersiap ke sekolah
G313	3	Bersiap ke sekolah dan kerja
G504	2	Bersiap bekerja

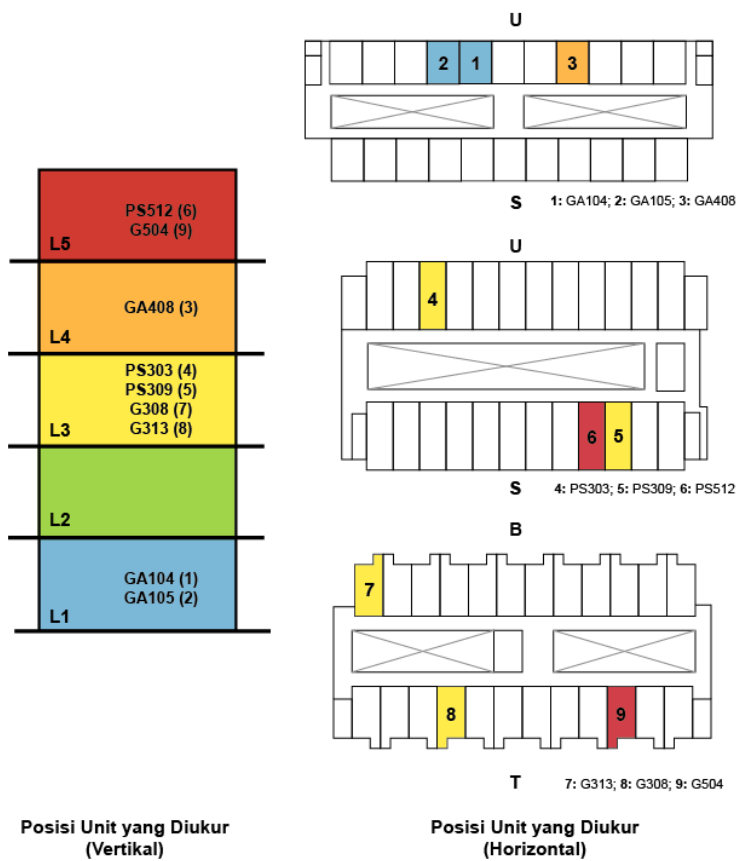
Sumber: Penulis

Berikut adalah detail posisi unit hunian yang diukur pada Rusunawa Gunung Anyar, Penjaringan Sari, dan Grudo (Tabel 3 dan Gambar 2).

**Tabel 3.** Detail Posisi Unit Hunian yang Diukur

Lantai	Utara	Timur	Selatan	Barat
L5	-	G504	PS512	-
L4	GA408	-	-	-
L3	PS303	G308	PS309	G313
L2	-	-	-	-
L1	GA104; GA105	-	-	-

\*Keterangan: GA=Gunung Anyar; PS=Penjaringan Sari; G=Grudo



**Gambar 2.** Detail Posisi Unit Hunian yang Diukur (Keterangan: GA=Gunung Anyar; PS=Penjaringan Sari; G=Grudo)

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan statistik deskriptif melalui penyajian grafik garis, histogram dan *scatter plot*. Analisis data dengan penyajian grafik atau histogram digunakan untuk melihat perubahan dan kecenderungan yang terjadi pada fenomena eksisting. Analisis data dengan penyajian grafik *scatter plot* digunakan untuk melihat dinamika hubungan antara suhu lantai dan suhu ruang. Berdasarkan hasil interpretasi analisis data tersebut, data dibahas dan didiskusikan dengan teori dan studi terdahulu agar dapat ditarik kesimpulan.

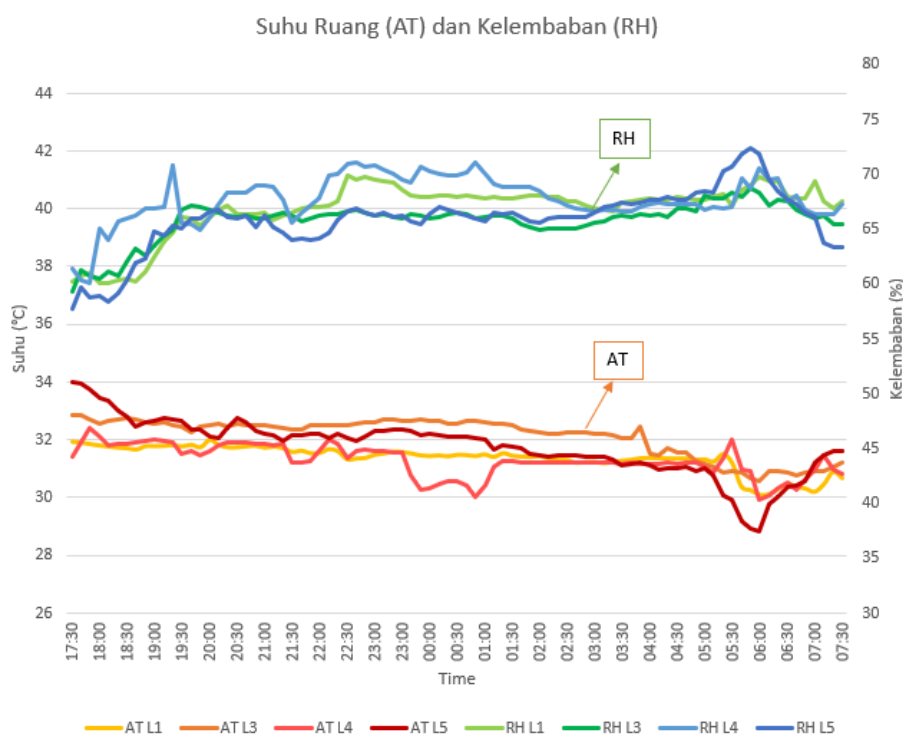


## Hasil dan Pembahasan

### a. Kondisi Suhu Ruang dan Suhu Lantai

Kondisi termal pada penelitian terdahulu dilakukan oleh Alfata dkk. (2015) dan Harahap (2023). Alfata dkk. (2015) mengukur kondisi termal pada tiga apartemen untuk mengetahui potensi penggunaan pendinginan pasif di daerah iklim tropis lembab. Dalam penelitian tersebut, kondisi pada apartemen tua lebih menyerupai kondisi rumah susun di Surabaya dengan kondisi suhu lingkungan di dalam ruangan ada pada rentang 28-31°C (Alfata dkk., 2015). Berdasarkan pada tesis yang disusun oleh Harahap (2023), kondisi termal rumah susun memiliki jangkauan suhu dalam ruangan saat melakukan pendinginan kontak yaitu, 27.7°C – 33.3°C dengan suhu lantai ada pada rentang antara 27°C – 31.5°C (Harahap, 2023).

Hasil pengukuran kondisi termal suhu ruangan dan kelembaban yang didapatkan pada penelitian ini tersaji pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Rata-rata Suhu dan Kelembaban Ruang tiap Lantai

Berdasarkan Gambar 3, Suhu ruangan cenderung turun ketika di pagi hari dan sedikit meningkat kembali saat semakin siang. Secara keseluruhan rata-rata suhu ruangan adalah 30.61°C dengan rentang dari 28.06 – 34.00 °C. Kondisi ini termasuk pada angka yang tinggi dimana menurut SNI-14-1993-03 termasuk pada suhu yang tidak nyaman (diatas 27.1°C). Suhu rata-rata ruangan secara berurutan dari terendah hingga tertinggi adalah lantai 4 (31.2°C), lantai 1 (31.3°C), lantai 5 (31.6°C) dan lantai 3 (32.10°C). Mengingat suhu ruangan dalam bangunan erat kaitannya dengan mekanisme kesetimbangan termal, maka ada kemungkinan panas yang didapatkan pada bangunan berasal dari faktor yang berbeda. Faktor yang mungkin mempengaruhi perubahan panas dalam bangunan adalah *internal heat*

gain ( $Q_i$ ), conduction heat gain/loss ( $Q_c$ ), solar heat gain ( $Q_s$ ), ventilation heat gain/loss ( $Q_v$ ), dan evaporative heat loss ( $Q_e$ ). Mekanisme ini dapat dilihat melalui rumus:

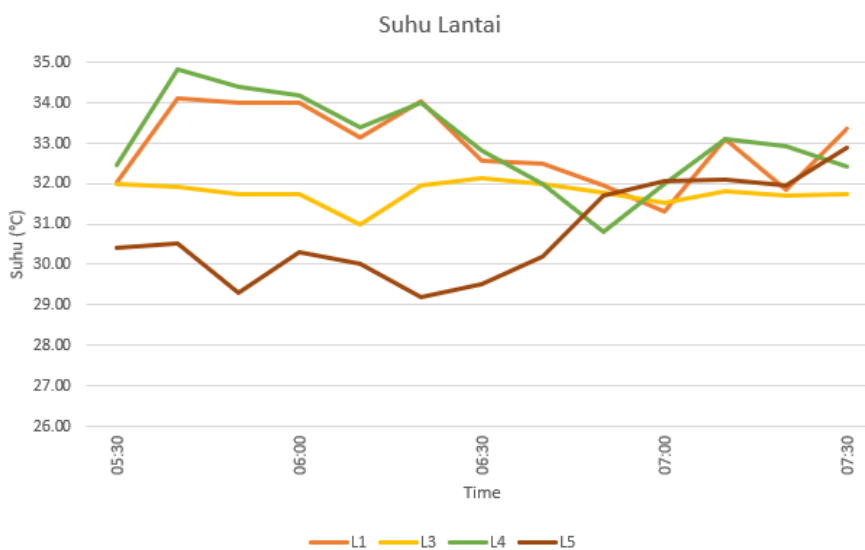
$$Q_i + Q_c + Q_s + Q_v + Q_e = \Delta S \quad (1)$$

Berdasarkan rumus tersebut, apabila jumlah dari akumulasi panas yang ada pada bangunan ( $\Delta S$ ) lebih dari 0, maka suhu dalam bangunan meningkat. Peningkatan suhu dari tiap ruangan tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor yang berbeda sesuai dengan mekanisme perolehan panas dalam bangunan (Szokolay, 2004).

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu ruangan di lantai 4 dan 5 lebih rendah daripada suhu ruangan di lantai 3 dapat dikarenakan adanya bantuan angin yang masuk ke dalam ruangan. Suhu ruangan di lantai 1 yang berada di level paling bawah, cenderung memiliki suhu paling rendah dapat dikarenakan mendapat pembayangan dari bangunan sekitar.

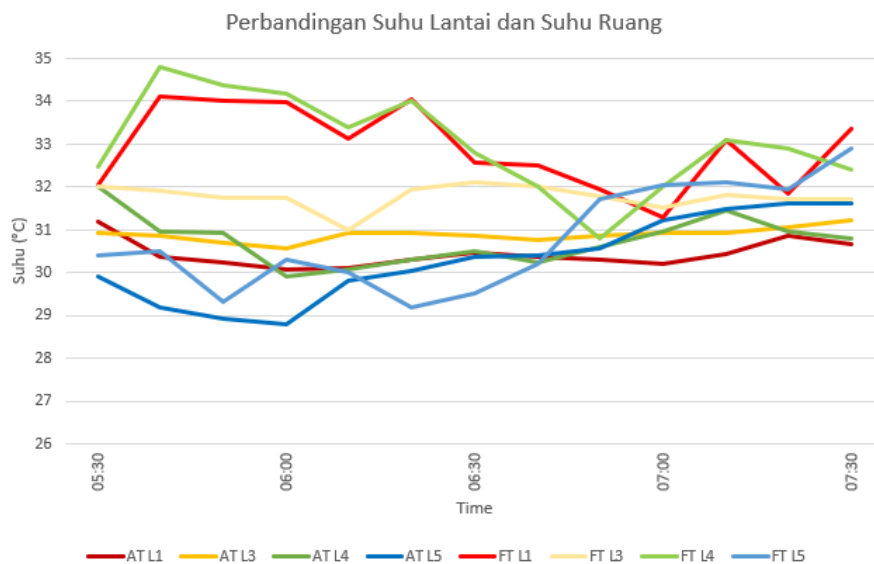
Kelembaban dalam ruangan pada Gambar 3 menunjukkan kecenderungan adanya peningkatan di pagi hari kemudian turun saat semakin siang. Hal ini berkebalikan dengan kondisi di suhu ruangan. Rata-rata kelembaban secara keseluruhan adalah 66.63% dengan rentang antara 58.2 – 72.41%. Berdasarkan SNI-14-1993-03, kondisi kelembaban dianggap nyaman adalah pada rentang 40-60%. Nilai kelembaban pada rumah susun dapat dianggap tidak nyaman karena rata-rata kelembaban tidak nyaman dan cenderung diatas 60%. Angka nyaman hanya pada saat tertentu, yaitu pada sore menjelang malam hari pada pukul 17.30-18.00.

Gambar 4 menunjukkan rata-rata suhu lantai di tiap lantai. Berdasarkan Gambar 4, rata-rata suhu lantai secara keseluruhan adalah 32.20°C dengan rentang antara 29.2-34.8°C. Suhu lantai cenderung bervariasi pada jam 05.30 – 06.40. Hal ini terjadi dapat dikarenakan faktor *internal heat gain* yang terjadi pada jam tersebut, seperti jumlah orang yang kontak dengan lantai dan aktivitas yang dilakukan (Szokolay, 2004). Adanya aktivitas manusia yang kontak dengan lantai ini dapat menimbulkan peningkatan suhu pada lantai secara konduksi. Kondisi ini mungkin terjadi di lantai 4.



**Gambar 4.** Rata-rata Suhu Lantai tiap Lantai

Perbandingan antara suhu ruangan dan suhu lantai dapat dilihat pada Gambar 5. Angka suhu lantai dapat dipengaruhi oleh *internal heat gain* manusia yang kontak dengan lantai sesuai dengan mekanisme perpindahan panas dalam bangunan (McMullan, 1998). Aktivitas penghuni di pagi hari adalah tidur di lantai dengan dan tanpa alas, memasak (dengan kompor yang ada di lantai), bersiap-siap bekerja atau sekolah (setrika baju di lantai) dan makan pagi (duduk di karpet atau lantai). Aktivitas yang dapat mempengaruhi suhu lantai secara langsung adalah aktivitas tidur di lantai dan memasak dengan kompor yang ada di lantai.



**Gambar 5.** Perbandingan Suhu Ruang dan Lantai

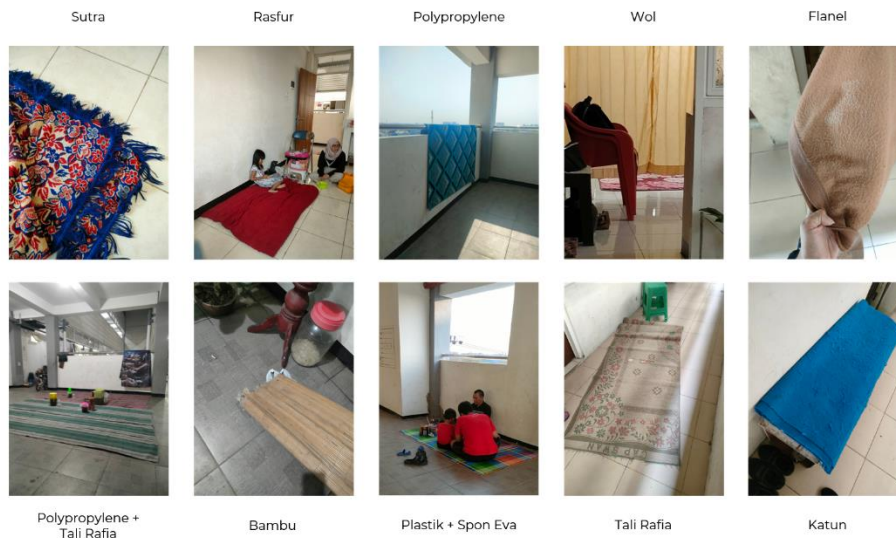
Berdasarkan Gambar 5, sebagian besar waktu menunjukkan bahwa suhu lantai cenderung lebih tinggi daripada suhu ruangan. Faktor *internal heat gain* ( $Q_i$ ) dapat mempengaruhi suhu lantai. Selain *internal heat gain* ( $Q_i$ ), akumulasi panas yang didapatkan pada lantai diperoleh dari transfer benda yang kontak dengan lantai secara konduksi ( $Q_c$ ), dan transfer panas ruangan secara radiasi ( $Q_s$ ). Faktor transfer panas melalui aktivitas ventilasi ( $Q_v$ ) dapat terjadi secara konveksi. Perpindahan secara konveksi ini juga dipengaruhi oleh *convective coefficient* ( $h_c$ ) yang bergantung pada posisi permukaan, arah dan kecepatan perpindahan panas.

Apabila suhu ruangan lebih tinggi daripada suhu lantai, maka panas berpindah ke arah bawah atau dari ruangan ke lantai (*downward*). Apabila suhu ruangan lebih rendah daripada suhu lantai, maka panas berpindah ke arah atas atau dari lantai ke ruangan (*upward*) (Szokolay, 2004). Hasil pengukuran dengan kecenderungan rata-rata suhu lantai lebih tinggi daripada rata-rata suhu ruangan, menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut akan terjadi perpindahan panas secara *upward*. Fenomena ini terjadi juga kemungkinan karena kondisi tersebut merupakan hasil akumulasi perpindahan panas pada kondisi sebelumnya.

## b. Aplikasi Material Alas pada Rumah Susun Sewa

Penggunaan alas yang ditemukan pada Rusunawa Gunung Anyar, Penjaringan Sari, dan Grudo memiliki total 49 amatan. Hasil amatan tersebut tersebar pada Rusunawa Grudo, yaitu sebanyak 44%, Penjaringan Sari sebanyak 32% dan Gunung Anyar sebanyak 24%. Jenis alas yang ditemukan terdiri dari 22 karpet bulu, 19 tikar dan 8 kasur tanpa dipan.

Berdasarkan ketiga jenis alas, kasur tidak diikut sertakan untuk dianalisis dan hanya fokus pada penutup lantai karpet dan tikar agar lebih fokus pada material alas daripada furnitur. Material yang tergolong sebagai karpet bulu adalah sutra, rasfur, *polypropylene*, wol, dan flanel. Sedangkan material yang diklasifikasikan sebagai tikar adalah *polypropylene* dan tali rafia, bambu, plastik dan spon eva, tali rafia, katun, dan *microsatın*. Material alas ini diklasifikasikan berdasarkan literatur dan jenis yang beredar di pasaran (Carpet Handbook, t.t.; Ghani, 2023). Detail gambar macam-macam temuan bahan material penutup lantai dapat dilihat pada Gambar 6, dan dokumentasi contoh aplikasi masing-masing jenis alas yang ditemukan tersaji pada Gambar 7.

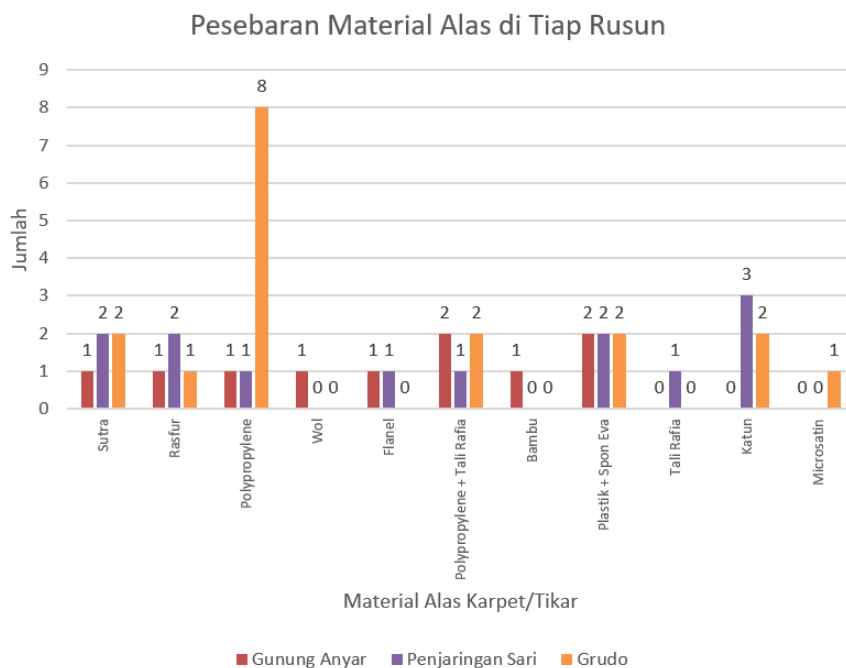


**Gambar 6.** Detail Bahan Material Penutup Lantai Karpet dan Tikar



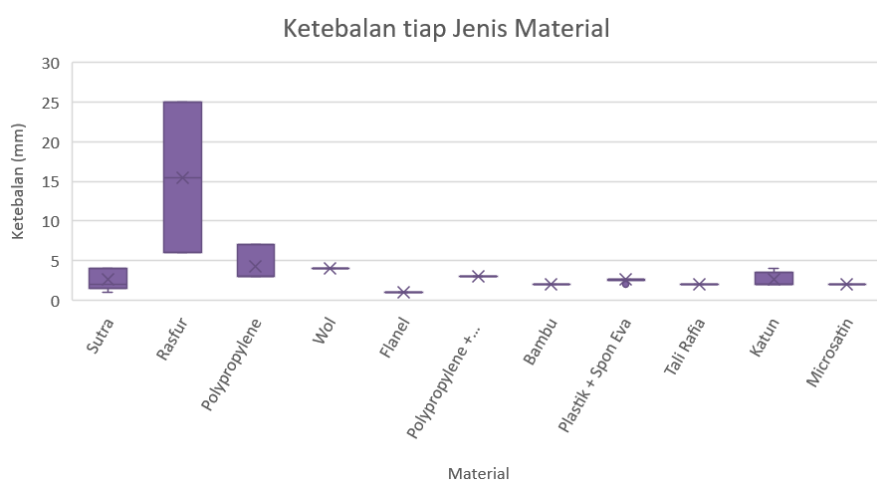
**Gambar 7.** Penggunaan Kasur di Lantai (kiri), Tikar (tengah), dan Karpet (kanan).

Penggunaan karpet ditemukan di Rusunawa Grudo sebanyak 11, Rusunawa Penjaringan Sari sebanyak 6, dan Rusunawa Gunung Anyar sebanyak 5. Berbeda dengan penggunaan tikar, Rusunawa Penjaringan Sari dan Rusunawa Grudo ditemukan jumlah yang sama, yaitu 7. Pada Rusunawa Gunung Anyar, berjumlah 5. Berdasarkan amatan tersebut, jenis alas yang paling banyak digunakan oleh penghuni rumah susun adalah karpet. Penelitian ini menunjukkan bahwa karpet yang banyak digunakan adalah bahan *polypropylene* (Gambar 8).



**Gambar 8.** Pesebaran Material Alas di Tiap Rusun

Berikut adalah data pesebaran ketebalan tiap jenis material. Jangkauan ketebalan material karpet dan tikar adalah 1-25 mm dengan rata-rata  $4.23 \pm 4.99$  mm (Gambar 9).



**Gambar 9.** Ketebalan tiap Jenis Material

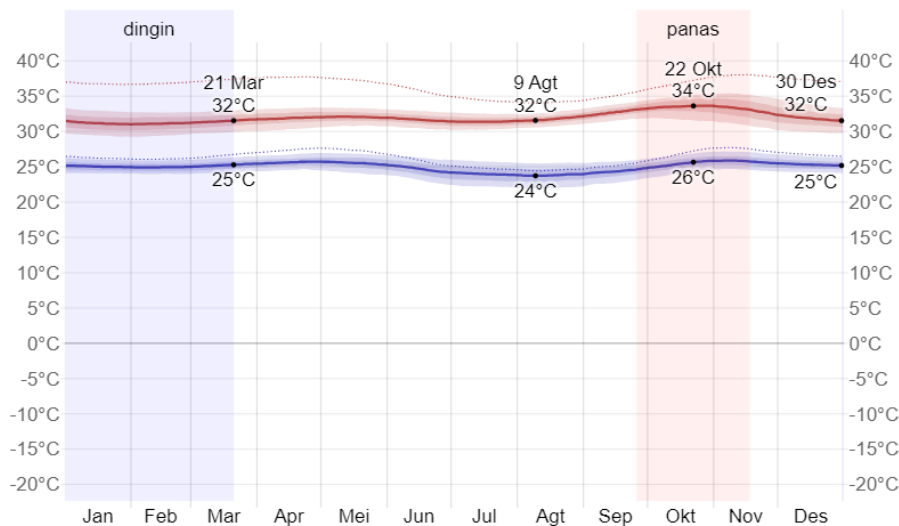
### c. Peran Lantai dan Alas dalam Lingkup Pendinginan Kontak

Data kondisi termal dan penggunaan material di rumah susun merupakan titik awal penyelidikan fenomena dari penelitian pendinginan kontak. Berdasarkan teori keseimbangan termal pada bangunan, panas yang diterima dalam bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu panas internal ( $Q_i$ ), panas konduksi ( $Q_c$ ), panas radiasi matahari ( $Q_c$ ), panas dari aktivitas ventilasi ( $Q_v$ ), dan panas *evaporative* ( $Q_e$ ). Suhu bangunan yang meningkat, menandakan bahwa jumlah panas yang diterima bangunan lebih dari 0 (Szokolay, 2004). Teori tersebut dapat menjelaskan fenomena yang terjadi pada suhu

ruangan dan lantai. Suhu ruangan banyak dipengaruhi oleh aktivitas ventilasi ( $Q_v$ ) dan radiasi matahari ( $Q_s$ ). Suhu lantai banyak dipengaruhi oleh perpindahan panas secara konduksi ( $Q_c$ ), dan panas internal melalui okupansi ( $Q_i$ ). Meskipun demikian, perpindahan panas yang terjadi pada bangunan lebih dinamis karena dipengaruhi banyak faktor. Properti material, seperti kemampuan material untuk menerima dan melepaskan panas juga dapat mempengaruhi panas yang diterima bangunan (McMullan, 1998).

Panas internal didapatkan melalui okupansi penghuni. Aktivitas yang banyak dilakukan dengan pendinginan kontak dan sensasi yang ditimbulkan dari alas dan lantai telah dibahas oleh Harahap (2023). Harahap (2023) telah melakukan penelitian pendinginan kontak yang terjadi di rusunawa dengan hasil yang ditemukan adalah sensasi penghuni terhadap kondisi suhu lantai dan ruangan, serta preferensi penggunaan alas. Berdasarkan observasi, kajian literatur, dan wawancara, material alas kebanyakan digunakan karena alasan kesehatan, preferensi, kultur, estetika, keamanan, dan kebersihan (Anjelita, 2022; Harahap, 2023; Lukman dkk., 2015). Posisi material alas sebagai moderasi termal dapat menjadi adaptasi perilaku penghuni apabila kondisi pada lantai tidak sesuai dengan preferensinya.

Hasil kondisi termal yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan angka yang tergolong tinggi dari segi suhu ruangan dan suhu lantai. Hal ini dapat dikarenakan waktu pengukuran yang dilakukan di bulan terpanas, yaitu bulan Oktober-November (Gambar 10). Terkait kondisi suhu ruangan tiap lantainya, Lantai 4 dan 5 cenderung memiliki suhu ruangan yang tinggi karena semakin tinggi lantai semakin tinggi suhu dalam ruangan, namun mendapatkan bantuan perpindahan panas dari angin yang masuk melalui jendela (Bachrun dkk., 2019). Lantai 1 memiliki suhu terendah dapat dikarenakan memperoleh banyak area yang terbayangi (*shaded area*) dari bangunan sekitar (Trepcei dkk., 2021).



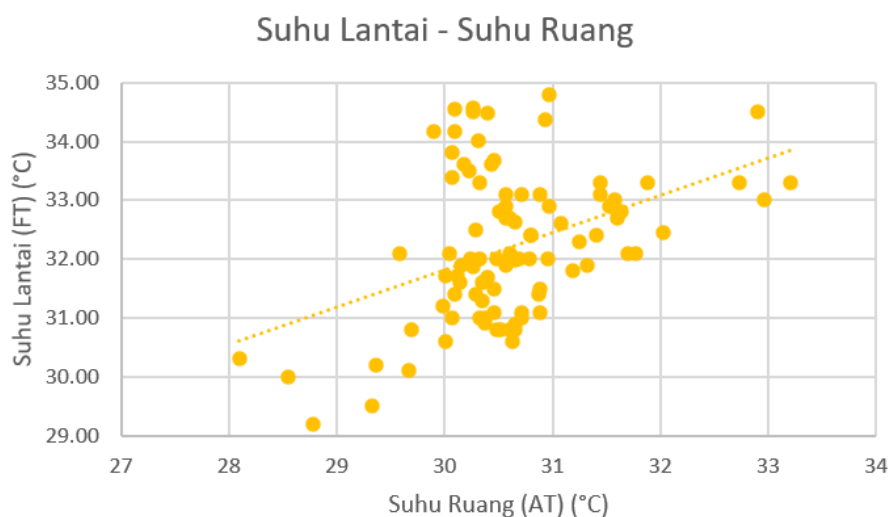
**Gambar 10.** Data Iklim Kota Surabaya  
Sumber: Weatherspark, 2023

Pada suhu lantai, data yang didapatkan tergolong pada suhu yang cukup tinggi. Angka ini diperoleh dapat dikarenakan dinamika perpindahan panas yang terjadi pada lantai cukup kompleks. Berdasarkan teori keseimbangan termal pada bangunan, panas yang didapatkan oleh lantai dapat dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas yang beragam dan dengan

jumlah perpindahan panas yang berbeda bergantung pada kondisi yang terjadi saat suhu lantai diukur. Mekanisme perpindahan panas yang terjadi pada lantai banyak dipengaruhi oleh penghuni dan aktivitasnya ( $Q_i$ ) dan benda yang kontak dengan lantai sehingga menimbulkan perpindahan panas secara konduksi ( $Q_c$ ). Selain itu, perpindahan panas secara konveksi akibat aktivitas ventilasi ( $Q_v$ ), juga dapat terjadi pada lantai bergantung pada koefisien konveksi ( $h_c$ ) dan arah perpindahan panas yang terjadi (Szokolay, 2004). Kemampuan properti material lantai dalam menyimpan, transmisi, dan melepas panas juga dapat mempengaruhi proses perpindahan panas yang terjadi.

*Internal heat gain* ( $Q_i$ ) dari segi penghuni dilihat dari aktivitas dan jumlah dan penggunaan sumber panas yang bersentuhan atau kontak langsung dengan lantai (Szokolay, 2004). Pada penelitian ini ditemukan aktivitas penghuni yang erat dengan lantai, yaitu tidur langsung di atas lantai dengan dan tanpa alas. Hasil temuan menunjukkan bahwa terdapat empat orang penghuni yang tidur di atas lantai saat lantai diukur di pagi hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa manusia yang kontak dengan lantai juga berkontribusi dalam memberikan transfer panas pada lantai. Semakin banyak area lantai yang kontak dengan benda yang memiliki perbedaan suhu dengan lantai, maka semakin banyak pula perpindahan panas secara konduktif yang terjadi. Hal ini sesuai dengan teori perpindahan panas konduksi yang menyebutkan bahwa luas permukaan ( $A$ ), perbedaan suhu ( $dT$ ), dan durasi paparan menjadi faktor yang mempengaruhi terjadinya perpindahan panas secara konduksi (Rode dkk., 2019). Faktor lain yang mempengaruhi perpindahan panas secara konduksi terdapat pada properti materialnya, yaitu ketebalan dan nilai konduktivitas (Rode dkk., 2019).

Pada Gambar 11, dapat dilihat semakin meningkat suhu ruangan, maka semakin meningkat suhu lantai. Namun titik banyak menunjukkan bahwa suhu ruangan paling banyak ada di rentang 30-31°C dan suhu lantai pada suhu ruangan tersebut ada pada rentang 30.5-35.0°C. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang mempengaruhi suhu lantai, selain dari suhu ruangan.

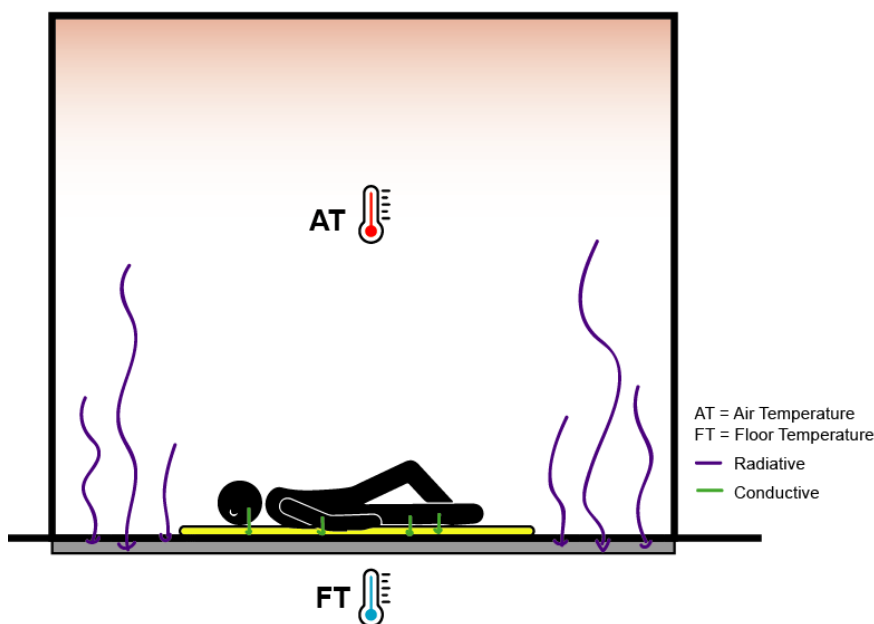


**Gambar 11.** Hubungan Suhu Lantai dan Suhu Ruangan

Berdasarkan hasil temuan, penggunaan material alas masih banyak ditemukan walaupun suhu lantai termasuk pada angka yang tinggi. Alasan kesehatan, preferensi, kebersihan, keamanan, estetika, dan kultur menjadi alasan yang lebih banyak diberikan oleh penghuni terkait penggunaan material alas di atas lantai. Meskipun hasil temuan dari penelitian ini menunjukkan suhu lantai yang tinggi, tetap ditemukan terjadinya pendinginan kontak dengan kondisi tubuh manusia masih lebih tinggi dari suhu lantai atau ruang.

Ketebalan material yang kebanyakan didapatkan adalah 4,23 mm yang termasuk pada ketebalan yang tipis. Hal ini memungkinkan masih adanya transfer panas dari tubuh manusia ke lantai (Johra, 2021). Namun hal ini juga masih bergantung pada kemampuan transmisi panas dari material alas masing-masing (Johra, 2021).

Peran dari suhu lantai, suhu ruangan, dan material alas perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui efektivitasnya sebagai pendinginan kontak. Apabila suhu rendah dari lantai dapat menyerap suhu ruangan secara radiasi, maka kemungkinan sensasi dingin dapat diperoleh dari suhu ruangan. Apabila kondisi tersebut diikuti dengan perpindahan panas secara konduksi melalui tubuh manusia ke lantai, sensasi dingin dari lantai bersuhu rendah dapat dimoderasi atau diatur sesuai dengan preferensi manusia melalui perantara alas. Artinya, suhu ruangan yang lebih rendah dapat tercapai karena adanya perpindahan radiasi antara ruangan dengan lantai, namun tetap dapat menjaga kondisi sensasi tubuh yang kontak dengan lantai melalui moderasi termal dari alas. Ilustrasi dari konsep pendinginan ini dapat dilihat melalui Gambar 12.



**Gambar 12.** Ilustrasi Konsep Desain Pendinginan Kontak dengan Sistem Perpindahan Panas *Radiative* dan *Conductive*

## Kesimpulan

Penelitian ini merupakan identifikasi awal dari fenomena pendinginan kontak di rumah susun. Studi ini menunjukkan bahwa suhu lantai cenderung lebih tinggi daripada suhu ruangan. Suhu ruang ada pada rentang 28,06 – 34,00 °C dan rata-rata 30,61°C. Suhu lantai



ada pada rentang antara 29,2-34,8°C dan rata-rata 32,20°C. Kelembaban ada pada rentang antara 58,2-72,41% dan rata-rata 66,63%. Suhu lantai yang tinggi dapat dipengaruhi *internal heat gain* dari okupan dan juga aktivitas di dalamnya. Semakin banyak *internal heat gain*, maka suhu lantai akan semakin tinggi. Meskipun suhu lantai pada rumah susun tergolong tinggi, masih banyak ditemukan pemakaian material alas sebagai perantara antara lantai dan tubuh. Fenomena tersebut menimbulkan anggapan bahwa kebiasaan beraktivitas di lantai yang dilakukan oleh penghuni rumah susun, tidak selalu berhubungan dengan pendinginan. Hal ini dapat dikarenakan hasil observasi lapangan menunjukkan adanya aktivitas di lantai walaupun suhu lantai cenderung tinggi. Alasan penggunaan alas lantai meskipun suhu lantai tinggi dapat dikarenakan kultur, kebersihan, kesehatan, dan preferensi.

Dinamika yang terjadi antara lantai, alas lantai, dan kondisi termal ruangan dapat disimpulkan melalui konsep pendinginan kontak yang potensial terjadi di unit ruangan di rumah susun. Apabila suhu pada lantai cukup rendah untuk menyerap suhu ruangan secara radiasi, maka suhu pada ruangan dapat berkurang dan memberikan kemungkinan sensasi dingin pada penghuni. Apabila penghuni melakukan kontak dengan lantai bersuhu rendah, maka akan terjadi perpindahan panas secara konduksi dari tubuh ke lantai sehingga penghuni dapat merasakan sensasi dingin secara langsung pada tubuh. Sensasi dingin ini dapat diatur atau dimoderasi sesuai dengan preferensi manusia melalui preferensi penggunaan alas lantai. Konsep suhu lantai yang cukup rendah dapat menurunkan suhu ruangan yang memberikan sensasi termal lebih baik, namun ketika kontak dengan tubuh manusia dapat menimbulkan sensasi yang berbeda pada tubuh sehingga dapat diatur melalui penggunaan alas lantai antara lantai dan tubuh sebagai mediator.

Hasil dari penelitian ini perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut terkait sejauh mana suhu lantai dapat mempengaruhi kondisi fisik tubuh dan memberikan sensasi nyaman pada manusia. Selain itu, penggunaan alas sebagai moderasi termal juga dapat diteliti lebih lanjut terkait efektivitasnya untuk menahan panas. Suhu lantai yang rendah juga perlu diteliti untuk melihat kemampuannya dalam menurunkan suhu ruang dan menciptakan kenyamanan termal dalam ruangan.

## Daftar Pustaka

- Account, S. (2021, Oktober 21). *How Cotton Rugs Are Made*. Rugs by Roo. <https://rugsbyroo.com/blogs/news/how-cotton-rugs-are-made>
- Ahn, H., Liu, J., Kim, D., Yin, R., Hong, T., & Piette, M. A. (2021). How Can Floor Covering Influence Buildings' Demand Flexibility? *Energies*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/en14123658>
- Alfata, M. N. F., Hirata, N., Kubota, T., Nugroho, A. M., Uno, T., Ekasiwi, S. N. N., & Antaryama, I. G. N. (2015). Field Investigation of Indoor Thermal Environments in Apartments of Surabaya, Indonesia: Potential Passive Cooling Strategies for Middle-Class Apartments. *Energy Procedia*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.674>
- Anjelita, C. (2022). *5 Manfaat Penggunaan Karpets di Ruangan Rumah*. <https://www.ruparupa.com/blog/5-manfaat-penggunaan-karpets-di-ruangan-rumah/>
- Bachrun, A. S., Ming, T. Z., & Cinthya, A. (2019). Building Envelope Component to Control Thermal Indoor Environment in Sustainable Building: a Review. *SINERGI*, 23(2). <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.2.001>

- Bhatta, S. R., Tiippana, K., Vahtikari, K., Kiviluoma, P., Hughes, M., & Kytta, M. (2019). Quantifying the Sensation of Temperature: a New Method for Evaluating the Thermal Behaviour of Building Materials. *Energy and Buildings*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.047>
- Carpet Handbook. (t.t.). *Carpet Handbook*. Diambil 29 Desember 2023, dari <https://static1.squarespace.com/static/5b63158f96d455ef934cf5e5/t/5b7024884fa51a50b7c806ed/1534076070640/CarpetHandbook.pdf>
- Ellis, P. (2022). *Floor Covering*. Encyclopeadia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/floor-covering/additional-info>
- Gamero-Salinas, J., Kishnani, N., Monge-Barrio, A., López-Fidalgo, J., & Sánchez-Ostiz, A. (2021). Evaluation of Thermal Comfort and Building Form Attributes in Different Semi-Outdoor Environments in a High-Density Tropical Setting. *Building and Environment*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108255>
- Ghani, Z. B. R. (2023). *8 Model & Jenis Karpét Bulu, Nyaman dan Lembut*. [https://www.tokopedia.com/blog/model-jenis-karpét-bulu-hlv/?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.tokopedia.com/blog/model-jenis-karpét-bulu-hlv/?utm_source=google&utm_medium=organic)
- Givoni, B. (1998). *Climate Consideration in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons.
- Harahap, B. P. N. (2023). *Pendinginan Kontak untuk Kenyamanan Termal Penghuni di Rumah Susun Sewa Berventilasi Alami di Tropis Lembap*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hobi, S. (2023). *Mengenal 5 Jenis Kain Flanel, Ciri Khas, dan Asal Usulnya*. Kumparan. <https://kumparan.com/seputar-hobi/mengenal-5-jenis-kain-flanel-ciri-khas-dan-asal-usulnya-20CiVkgsTtb>
- Johra, H. (2021). *Thermal Properties of Building Materials - Review and Database*. Aalborg University Department of the Built Environment.
- Kitagawa, H., Asawa, T., Kubota, T., Trihamdani, A. R., & Mori, H. (2022). Thermal Storage Effect of Radiant Floor Cooling System Using Phase Change Materials in the Hot and Humid Climate of Indonesia. *Building and Environment*, 207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108442>
- Kitagawa, H., Asawa, T., Kubota, T., Trihamdani, A. R., Sakurada, K., & Mori, H. (2021). Optimization of Window Design for Ventilative Cooling with Radiant Floor Cooling Systems in the Hot and Humid Climate of Indonesia. *Building and Environment*, 188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107483>
- Küçük, M., & Korkmaz, Y. (2019). Acoustic and Thermal Properties of Polypropylene Carpets: Effect of Pile Length and Loop Density. *Fibers and Polymers*, 20(7). <https://doi.org/10.1007/s12221-019-1181-1>
- Lukman, M. Y., Suzuki, T., Kita, M., Yoshizumi, Y., & Matsubara, S. (2015). A Study of the Gathering Styles of Indonesian Culture. *Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)*, 80(711). <https://doi.org/https://doi.org/10.3130/aija.80.999>
- McMullan, R. (1998). *Environmental Science in Building*. McMillan Press Ltd.
- Mcneil, S., Bulletin, T., & Zealand, N. (2016). The Thermal Properties of Wool Carpets. *Technical Bulletin, AgResearch, Christchurch, New Zealand, March*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3925.1601/1>
- Mekjavic, I. B., Yogevev, D., & Ciuha, U. (2021). Perception of Thermal Comfort during Skin Cooling and Heating. *Life*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/life11070681>

- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14 Tahun 2021*.
- Moe, K. (2010). *Thermally Active Surfaces in Architecture*. Princeton Architectural Press.
- Mufidah, I. U. (2023). Enhancing the Quality of Living Environment - The Utilization of Carbon Dioxide as a Green Industry Innovation. *RUANG: Jurnal Lingkungan Binaan (SPACE: Journal of the Built Environment)*, 10(1), 93-104.  
<https://doi.org/10.24843/JRS.2023.v10.i01.p07>
- Mybest. (2024). Rekomendasi Karpet Lantai Plastik Terbaik (Terbaru Tahun 2024). *mybest Inc.*  
<https://id.my-best.com/138989>
- Olesen, B. (2008). Radiant Floor Cooling Systems. *ASHRAE Journal*.
- Primadiyatna, R., & Cahya, M. (2013, Oktober 9). *Tikar Lipat Lamongan Serap 2000 Pekerja*. Bappeda Jatim.  
<https://bappeda.jatimprov.go.id/2013/10/09/tikar-lipat-lamongan-serap-2000-pekerja/#:~:text=Sedangkan%20bahan%20baku%20tikar%20lipat%20adalah%20benang%20PP%20serta%20tali%20rafia.>
- Ria, F. (2012). *Kerajinan Anyaman Tikar Bidai di Kecamatan Sengah Temila Kabupaten Landak Kalimantan Barat*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rode, C., Qin, M., & Peuhkuri, R. (2019). *Heat and Mass Transfer in Buildings*. DTU Civil Engineering. DTU Byg Course 11122.
- Sabaruddin, A., Karyono, T. H., & Tobing, R. R. (2013). Study on the Relationship between Aspects, Orientation, Type, and Unit Position toward to Indoor Air Quality in Flat. *Technology and Investment*, 04(02).  
<https://doi.org/10.4236/ti.2013.42010>
- Santamouris, M. (2007). *Advances in Passive Cooling*. Earthscan.
- Santamouris, M., & Asimakopoulos, D. (2013). *Passive Cooling of Buildings*. Earthscan.
- Suartika, G. A. M. (2021). Editorial Perubahan Iklim, Pemanasan Global, dan Kualitas Lingkungan Terbangun. *RUANG: Jurnal Lingkungan Binaan (SPACE: Journal of the Built Environment)*, 8(2), 91-94.  
<https://doi.org/10.24843/JRS.2021.v08.i02.p01>
- Szokolay, S. V. (2004). *Introduction to Architectural Science the Basis of Sustainable Design*. Architectural Press.
- Trepci, E., Maghelal, P., & Azar, E. (2021). Urban Built Context as a Passive Cooling Strategy for Buildings in Hot Climate. *Energy and Buildings*, 231.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110606>
- Wolisz, H., Kull, T. M., Streblow, R., & Müller, D. (2015). The Effect of Furniture and Floor Covering upon Dynamic Thermal Building Simulations. *Energy Procedia*, 78.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.304>
- Zhou, X., Liu, Y., Luo, M., Zhang, L., Zhang, Q., & Zhang, X. (2019). Thermal Comfort Under Radiant Asymmetries of Floor Cooling System in 2 H and 8 H Exposure Durations. *Energy and Buildings*, 188–189.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.009>
- Zhou, X., Liu, Y., Zhang, J., Ye, L., & Luo, M. (2022). Radiant Asymmetric Thermal Comfort Evaluation for Floor Cooling System – A Field Study in Office Building. *Energy and Buildings*, 260.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111917>

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih atas terselenggaranya penelitian ini, kepada: Direktorat Pascasarjana dan Pengembangan Akademik Institut Teknologi Sepuluh Nopember sebagai penyedia Beasiswa Fresh Graduate, Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) ITS dengan Dana Penelitian 2024 Batch 2 No. Kontrak: 1591/PKS/ITS/2024, dan DelCA SATREPS *project* berupa peralatan laboratorium.