



ANALISA KENYAMANAN TERMAL MODEL TIPE 24 RUSUNAWA KUDU MENGGUNAKAN DATA-LOGGER

Firmansyah Yusuf Saputra¹, Agung Dwiyanto²

Universitas Diponegoro

E-mail: firmansyahyusufs@students.undip.ac.id , agungdwiyanto@lecturer.undip.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

24 Mei 2024

Direvisi:

21 Juni 2024

Disetujui terbit:

25 Agustus 2024

Diterbitkan:

Cetak:

29 September 2024

Online

29 September 2024

Abstract: As many as 115 million people in Indonesia belong to the lower-middle income group, and for these people, there are not many choices regarding housing. They often have to choose between renting individual houses or government-provided rental flats (Rusunawa). Due to their intended function as low-cost housing, thermal comfort is often neglected, which can lead to various health problems and unnecessary expenses to achieve comfort. Measurements were taken using a Data-Logger to record extreme room temperatures in Type 24 Rusunawa, revealing that the room with the lowest average temperature is the least used, while the highest average temperature is found in the more frequently used room. Both measurements and simulations using the Ecotect application show that the existing buildings do not meet thermal comfort standards, even in rooms with the lowest average temperatures. Recommendations arise with various alternatives according to the user's budget, along with simulations to demonstrate the effectiveness of these alternatives.

Keyword: Rusunawa, Thermal Comfort, Analysis.

Abstrak: Sebanyak 115 Juta masyarakat di Indonesia merupakan penduduk dengan pendapatan menengah kebawah, dan kehidupan untuk masyarakat menengah-kebawah tidak memiliki banyak pilihan mengenai tempat tinggal, sehingga seringkali harus memilih dalam bentuk rumah kontrak yang berbentuk satuan atau rumah yang disediakan oleh pemerintah yang berbentuk Rumah Susun Hunian Sewa. Karena fungsinya yang ditujukan hanya untuk tempat tinggal bertaraf rendah, kenyamanan thermal seringkali tidak diperhatikan yang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan pengeluaran yang tidak perlu untuk memenuhi kenyamanan tersebut. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Data-Logger untuk mengukur suhu ruangan ekstrim dalam Rusunawa Tipe 24, yang menghasilkan bahwa ruangan yang paling rendah rata-ratanya adalah yang paling jarang dipakai, dan yang paling tinggi adalah ruangan yang lebih sering dipakai. Dalam pengukuran maupun Simulasi menggunakan aplikasi Ecotect, bangunan eksisting tidak memenuhi syarat kenyamanan thermal bahkan pada ruangan dengan rata-rata terendah. Rekomendasi muncul dengan berbagai alternatif sesuai dengan budget pengguna, serta simulasi untuk menunjukkan efektivitas alternatif tersebut.

Kata Kunci: Rusunawa, Kenyamanan Thermal, Analisis.

PENDAHULUAN

Rusunawa adalah bangunan yang dikelola oleh pemerintah dengan tujuan menyediakan perumahan bagi orang-orang dengan pendapatan yang relatif rendah. Meskipun murah, bangunan ini memiliki fasilitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan dasar keluarga, dan mempromosikan gaya hidup berorientasi sosial dengan berbagai ruang komunal yang menawarkan aktivitas yang bermanfaat bagi para penghuni. Namun, masalah muncul terkait kenyamanan. Dengan total luas hanya sekitar 30 meter persegi, terkadang bahkan hanya 24 meter persegi, tata letaknya yang kompak dapat dengan mudah melelahkan rumah tangga rata-rata yang beranggotakan empat orang. Pemeliharaan juga menjadi masalah, karena peraturan ketat dari pemerintah membatasi perubahan lingkungan pada bangunan, yang sangat menghambat kemampuan untuk mengatasi masalah yang mungkin timbul.

Kenyamanan meskipun tampaknya merupakan kemewahan, bukanlah permintaan yang berlebihan bagi manusia karena memengaruhi kemampuan untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Salah satu tipe kenyamanan tersebut adalah kenyamanan termal, yang memiliki tujuan untuk menciptakan suatu keseimbangan antara suhu tubuh manusia dan sekitarnya. (A.S. Munawaroh, 2019). Dalam hal kenyamanan termal, orang sering menemukan solusi cepat untuk ketidaknyamanan dengan melakukan aktivitas sederhana seperti mengenakan pakaian tebal di musim dingin (A. Roulina, 2021), menghangatkan diri, atau meningkatkan metabolisme dengan makan di lingkungan yang dingin (Anisa Septiana Putri, 2023). Ada banyak kemungkinan cara manusia beradaptasi dengan kenyamanan termal, yang menjadikannya sangat penting sejak awal. Itulah kenapa dalam Bukunya, (S. Szokolay, 1973) menjelaskan bahwa

kenyamanan termal tidak hanya terbatas pada variabel objektif yang dapat diukur memakai alat, namun juga variabel subjektif yang menunjukkan berbagai macam informasi pribadi pengguna serta respon mereka terhadap kenyamanan maupun ketidaknyamanan termal tersebut (A.S. Munawaroh, Persepsi Pengguna Terhadap Kenyamanan Termal, 2019). Dalam bangunan dengan tujuan menyediakan ruang tinggal bagi orang-orang, salah satu perhatian terbesar adalah menyediakan kenyamanan termal yang memadai untuk ruangan-ruangan yang ada (ASHRAE, 2013). Namun, beberapa orang mungkin tidak mengetahui tentang kenyamanan termal dan tidak memiliki pilihan untuk memenuhinya karena mereka tidak mampu untuk itu dalam kondisi mereka (Suyoga, 2019). Masalah ini adalah tujuan utama dari studi ini, yaitu untuk menyediakan informasi tentang kenyamanan termal dari bangunan tersebut, serta pendekatan yang disarankan untuk membantu menyediakan solusi untuk masalah ini (Triztika, 2022).

Berdasarkan latar belakang yang diberikan, kita sekarang mengetahui formulasi masalah: (1) Bagaimana kondisi hidup di Rusunawa Kudu; (2) Apakah kondisi hidup memberikan kenyamanan termal yang diperlukan untuk menjaga penghuni; (3) Aspek apa dari bangunan/kamar yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal; (4) Apakah ada pendekatan yang disarankan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Oleh karena itu, tujuan dari studi ini adalah (1) Memberikan informasi tentang kondisi hidup di Rusunawa Kudu; (2) Menganalisis dan memberikan informasi tentang kenyamanan termal; (3) Menentukan aspek-aspek bangunan yang mungkin mempengaruhi kenyamanan termal; (4) Menyajikan pendekatan yang disarankan tanpa menambah terlalu banyak pada desain yang sudah ada. Penelitian ini dibatasi pada 2 subjek, parameter penelitian dan kondisi penelitian. Parameter penelitian akan dibatasi pada suhu ruangan, kelembaban, dan kuesioner tertutup untuk para penghuni. Batasan pada kondisi penelitian adalah bahwa penelitian ini hanya akan dilakukan di gedung F Rusunawa.

Meskipun penelitian yang luas tentang kenyamanan termal di perumahan sudah ada, masih ada kesenjangan yang nyata dalam memahami tantangan khusus yang dihadapi oleh penghuni kelas menengah ke bawah di perumahan Rusunawa. Tantangan-tantangan ini secara intrinsik terkait dengan keterbatasan keterjangkauan, akses terbatas ke sumber daya, dan konteks sosial ekonomi yang lebih luas di mana kompleks perumahan ini berada. Selain itu, perumahan Rusunawa mewakili mikrokosmos dari masalah yang lebih luas tentang pembangunan perkotaan berkelanjutan, karena pencapaian kenyamanan termal harus sejalan dengan imperatif efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Beberapa parameter objektif yang dapat diukur saat mempelajari kenyamanan termal termasuk:

1. Suhu Ruangan: Suhu ruangan adalah hasil dari berbagai aspek yang digabungkan bersama, karena

suhu itu sendiri adalah hasil akhir; bukan tujuan akhir. Beberapa aspek yang termasuk, tetapi tidak terbatas pada, pembacaan suhu akhir adalah; (1) Arus Angin, Aliran & Kecepatan; (2) Efek Termal Peralatan; (3) Ventilasi & Sirkulasi (Santoso, 2012). Aspek-aspek ini sangat penting dengan sendirinya, tetapi dalam studi kenyamanan termal, yang penting adalah pembacaan suhu akhir, karena itu sudah mencakup semuanya. Penelitian baru-baru ini juga menunjukkan pentingnya Window-To-Wall Ratios (WWR) terhadap kinerja thermal ruangan, karena rasio tersebut juga menentukan besarnya sinar yang masuk ke dalam ruangan. (Adiline, 2021)

2. Kelembaban: Kelembaban memainkan peran besar dalam memastikan kelayakan hidup lingkungan, karena menentukan mikro-organisme apa dan kualitas udara ruangan. Kandungan air di udara juga akan membantu menentukan penyebab perubahan tersebut, apakah itu efek iklim atau masalah bangunan, karena pembacaan kelembaban udara untuk suatu wilayah tersedia secara publik dan dapat dikaitkan (I. M. Waisnawa, 2019).

METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengukuran Lapangan

Pengukuran kenyamanan termal dilakukan dengan menggunakan berbagai alat, yaitu Data Logger dan Termometer Ruangan. Data Logger digunakan untuk merekam suhu ruangan setiap menit, dan Termometer Ruangan digunakan untuk mengamati kelembaban dan suhu setiap jam. Bagian kedua dari pengukuran lapangan adalah kuesioner, yang terdiri dari pertanyaan tertutup dengan beberapa pilihan. Penelitian dilakukan selama total 8 hari di gedung F Rusunawa Kudu, dengan jadwal sebagai berikut:

Table 1. Jadwal Pengukuran

Date	Explanation
26-29 April 2024	Evening Room
1-4 April 2024	Morning Room

Sumber : Penulis

Hasil pengukuran akan ditabulasi menggunakan grafik untuk memberikan informasi yang cukup jelas sehingga dapat dibandingkan dengan peraturan yang ada.

2. Studi Peraturan Kenyamanan Termal

Untuk menganalisis dan menentukan kesenjangan, kami memerlukan dasar peraturan untuk dibandingkan. Peraturan akan disediakan di berbagai wilayah untuk memperlihatkan bagaimana perbedaan iklim dapat mempengaruhi kebutuhan keseluruhan terhadap kenyamanan termal.

Table 2. Regulasi Kenyamanan Thermal

Regulation	Location	Comfort Limit
ASHRAE	South USA	20,5°C - 24,5°C
RAO	India	20°C - 24,5°C
WEBB	Singapore	25°C - 27°C
SNI	Indonesia	20°C - 27,1°C

Sumber : Tayeb Mustamin

Meskipun terdapat banyak studi mengenai kenyamanan termal terkait suhu optimal, kami mengutip dari SNI (Standar Nasional Indonesia)

yang mengklasifikasikan suhu sebagai berikut: (1) Sedikit Nyaman (20,8°C-22,8°C) dengan kelembaban relatif 50%-80%; (2) Sangat Nyaman (22,8°C-25,8°C) dengan kelembaban relatif 70%-80%; (3) Cukup Nyaman (25,8°C-27,1°C) dengan kelembaban relatif 60%-70%. (SNI T-14-1993-037)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Lapangan

Rusunawa Kudu adalah perumahan umum yang dikembangkan dan diorganisir oleh UPTD (Unit Pelaksana Teknis Daerah) Rumah Sewa Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kota Semarang dengan total luas ±40.000 meter persegi. Perumahan ini terletak di Jalan Ki Dalem Raya, Dempel, Kudu, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50116, dengan total 9 bangunan 5 lantai yang menampung total 762 unit.

Bangunan-bangunan tersebut diberi nama secara berurutan dari A-I, dengan A-F sebagai yang paling tua, dibangun pada tahun 2013. Kelompok bangunan ini terdiri dari perumahan Tipe 24 dengan fasilitas dasar, dan atrium yang terletak di tengah bangunan. Kelompok bangunan kedua adalah bangunan G-I, yang dibangun secara bertahap pada tahun 2017-2019, dengan perumahan Tipe 32.

Lantai pertama dari setiap bangunan digunakan sebagai ruang komunal, publik, dan layanan. Terdapat tangga utama dan tangga darurat yang terletak di sudut bangunan. Lantai pertama umumnya terbuka, karena sebagian besar jendelanya tidak ada sehingga menciptakan aliran angin yang stabil untuk menstabilkan tekanan di lantai dasar.



Gambar 1. Siteplan Rusunawa Kudu & Penamaan Bangunan

Sumber : penulis 2024

Lantai kedua hingga kelima dari setiap bangunan digunakan sebagai ruang tinggal, terutama sebagai unit kamar. Setiap lantai terdiri dari 24 unit, sehingga total satu bangunan dapat menampung hingga 96 unit. Penghunian di jenis bangunan ini jarang menjadi masalah karena biasanya mencapai 100% okupansi sepanjang tahun. Unit-unit tersebut terdiri dari 2 kamar tidur, 1 toilet, ruang tamu, dan balkon yang terhubung ke ruang tamu dan digunakan sebagai dapur.

Perbedaan cuaca pada setiap hari penelitian dapat berpengaruh terhadap hasil penelitian yang terjadi pada hari tersebut, bervariasi dari Suhu Luar Ruangan maupun curah hujan, sehingga informasi mengenai cuaca diperlukan untuk dapat menjaga konsistensi pengukuran (Candra Monica, 2022). Didapat kondisi cuaca setiap harinya adalah sebagai berikut:

Table 3. Data Suhu, Kelembaban, dan Curah Hujan Hari Penelitian

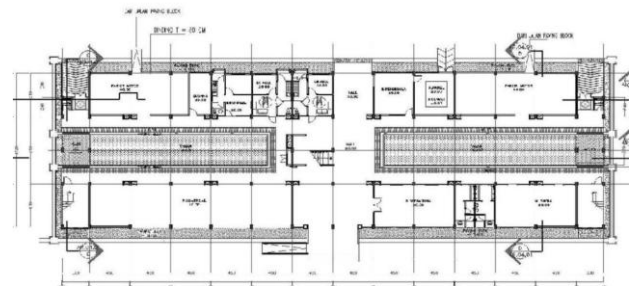
Date	Tavg	RH	RR
26-04-2024	29.7	74	12.0
27-04-2024	29.5	77	0
28-04-2024	30.3	72	0
29-04-2024	30.4	73	0
01-05-2024	30.7	68	0
02-05-2024	30.0	72	0
03-05-2024	30.4	71	0
04-05-2024	29.7	74	0

Tavg = Suhu Rata-Rata (°C)

RH = Kelembaban Rata-Rata (%)

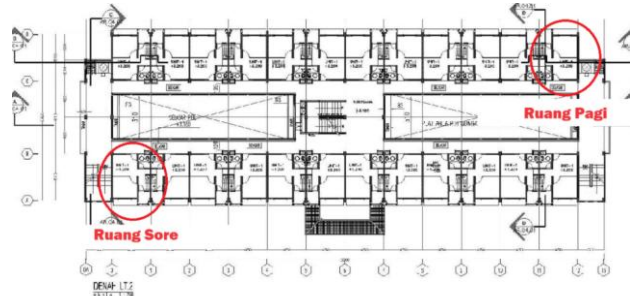
RR = Curah Hujan Rata-Rata (mm)

Sumber: Data BMKG



Gambar 2. Layout Lantai Dasar

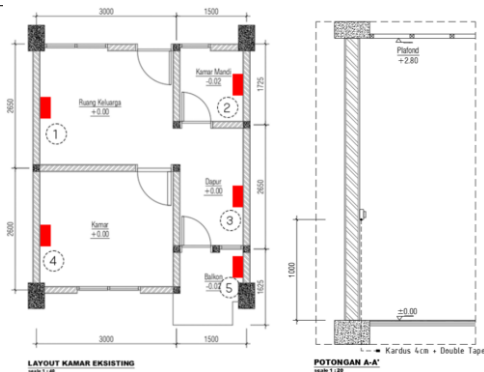
Sumber : DED Rusunawa MBR TA 2013



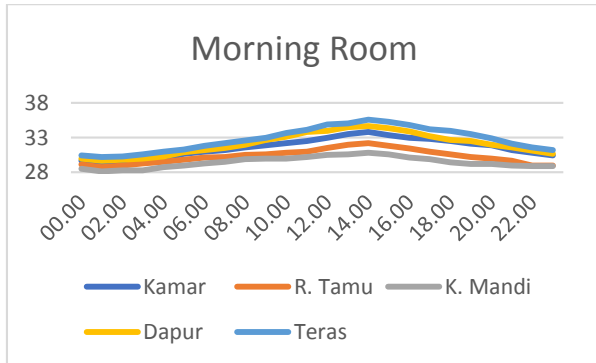
Gambar 3. Layout Lantai Tipikal dan Tempat pengukuran

Sumber : DED Rusunawa MBR TA 2013

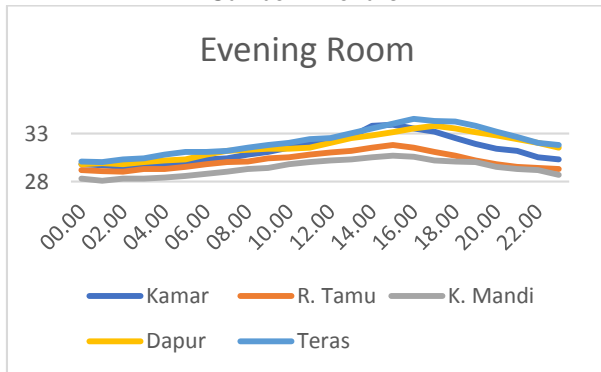
Rencana proses penelitian adalah menempatkan 5 pencatat data (data logger) di berbagai bagian hunian. Konfigurasi setiap pencatat data akan diperkuat dengan kotak kardus tebal 4 cm, untuk menghindari perpindahan panas dari dinding. Penempatan pencatat data ini akan berada 1 meter di atas tanah. Setiap ruangan akan diukur secara berbeda sepanjang hari. Metode pengukuran ini akan memberikan informasi yang cukup tentang profil panas setiap ruangan, terkait dengan fungsi dan tingkat okupansinya. Hasil pengukuran akan digunakan untuk mengonfigurasi tata letak baru yang diharapkan dapat memenuhi persyaratan kenyamanan termal sesuai aturan lokal. Selama 4 hari penelitian, hasil akan dirangkum dan dirata-ratakan untuk setiap jam dalam bentuk grafik garis.



Gambar 4. Penempatan Data Logger dan Detail
Sumber : Penulis



Gambar 5. Hasil Penelitian Ruang Pagi
Sumber : Penulis



Gambar 6. Hasil Penelitian Ruang Sore
Sumber : Penulis

Di ruang sore, grafik suhu di pagi hari naik perlahan, mencapai puncaknya pada pukul 12:30 siang. Grafik kemudian perlahan turun ke titik terendahnya pada pukul 4:30 pagi. Grafik menunjukkan bahwa titik suhu terendah adalah 29,6°C, sementara titik suhu tertinggi adalah 32,9°C. Suhu rata-rata di ruang sore selama empat hari pengukuran di berbagai ruangan adalah 31,1°C, dengan rata-rata tertinggi di lantai atas sebesar 31,5°C.

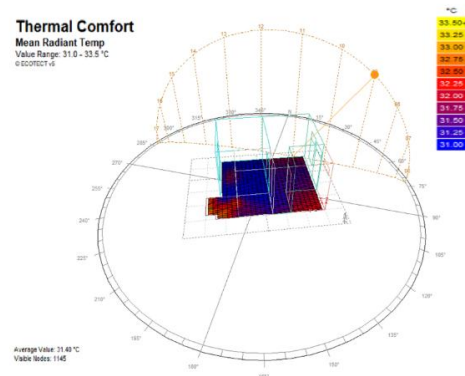
Di ruang pagi, grafik suhu naik drastis di pagi hari, mencapai puncaknya pada pukul 1:30 siang. Grafik kemudian turun dengan cepat dan stabil mulai pukul 9:30 malam. Grafik menunjukkan bahwa titik suhu terendah di bangunan adalah 30,3°C, sementara titik suhu tertinggi adalah 32,7°C. Suhu rata-rata di ruang pagi selama empat hari pengukuran di berbagai ruangan adalah 31,5°C, dengan rata-rata tertinggi di lantai atas sebesar 31,7°C.

Perbedaan utama antara ruang pagi dan ruang sore adalah laju peningkatan suhu di pagi dan sore hari. Di ruang pagi, suhu naik dengan cepat di pagi hari dan turun dengan cepat di sore hari. Di ruang sore, suhu pagi naik perlahan, dan di sore hari, suhu juga turun perlahan, menyebabkan panas di sore hari bertahan lebih lama dibandingkan dengan ruang pagi.

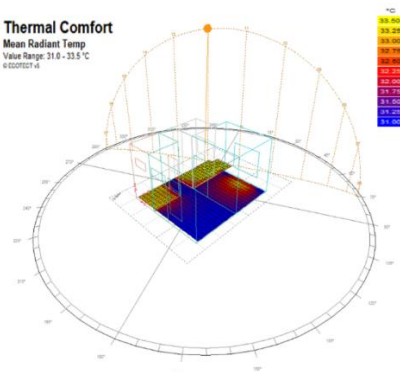
Simulasi Software

Table 4. Informasi Software

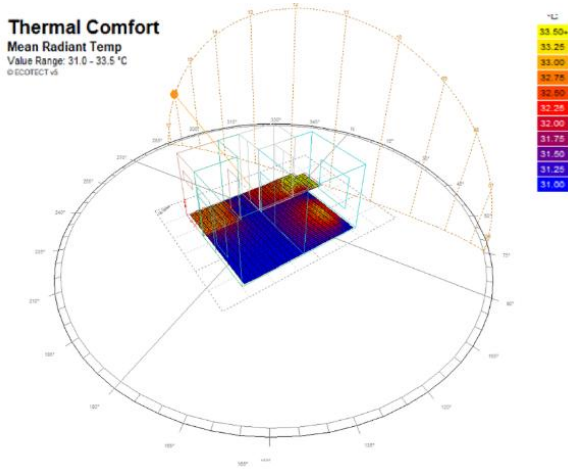
Basic Information	
Software	Ecotect Analysis
Weather	Ahmad Yani Airport 2024
Date	8 May 2024
Advanced Information	
Clothes	0,4 Clo (Shorts and Shirts)
Humidity	75%
Air Flow	0,5m/s (Circulation Available)
Lighting	300 lux
Occupation	3 People (100% Occupancy)
Activity	45 W (Resting)
Schedule	24 Hours
Electricity	12 W/m ² (home appliances)
Comfort Limit	24°C - 27,5°C
Circulation	Mixed Ventilation
Time	08.00 , 12.00 , 16.00



Gambar 7. Simulasi Ruang Pagi pada Jam 9.00
Sumber : Penulis

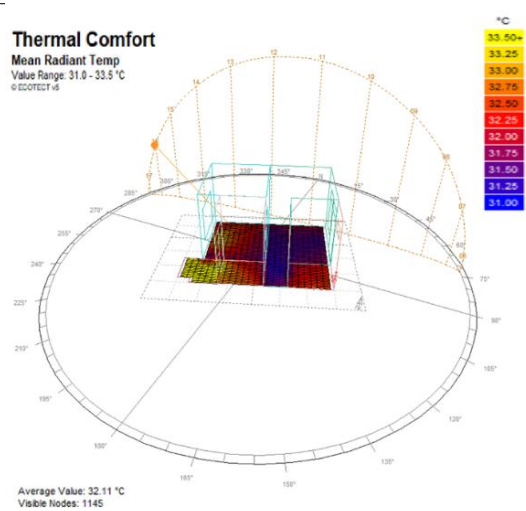


Gambar 8. Simulasi Ruang Pagi pada Jam 12.00
Sumber : Penulis



Gambar 9. Simulasi Ruang Pagi pada Jam 16.00
Sumber : Penulis

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ruangan dengan pintu/jendela di dindingnya cenderung lebih panas daripada ruangan lainnya (Kartika Valentina, 2020). Untuk ruang pagi, ruangan dengan suhu tertinggi adalah Teras Luar, dengan suhu mencapai 35°C pada pukul 12.00. Ruangan dengan suhu terendah adalah Ruang Keluarga/Tamu, dengan suhu 29,3°C pada pukul 08.00.



Gambar 12. Simulasi Ruang Sore pada Jam 16.00
Sumber : Penulis

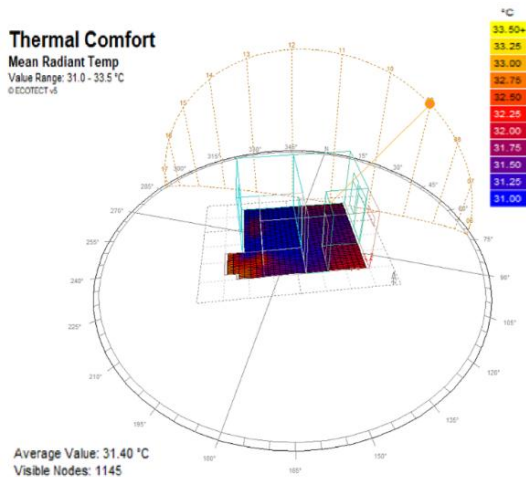
Hasil simulasi sama seperti simulasi ruang pagi, dengan perbedaan pada stabilitas dan rata-rata kenaikan/penurunan suhu ruangan. Ruang sore membutuhkan waktu lebih lama untuk memanaskan di pagi hari, tetapi juga membutuhkan waktu lebih lama untuk mendingin di malam hari dibandingkan dengan ruang pagi.

Table 5. Kesimpulan Data

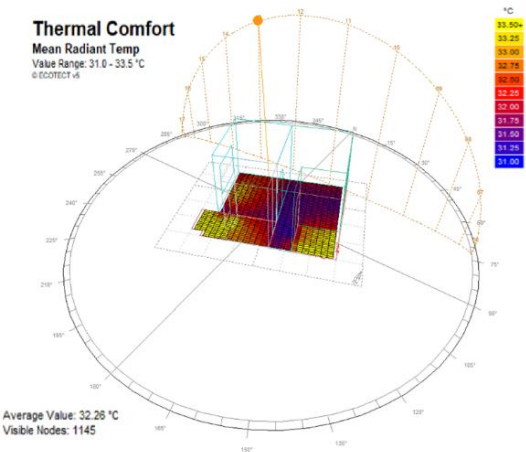
	08.00	12.00	16.00	T. Avg
T.M (m)	29,5	30,5	30,2	30,0
T.M (s)	29,3	30,7	30,4	30,1
T.E (m)	29,4	30,3	30,7	30,1
T.E (s)	29.6	30,4	30,8	30,2

Sumber : Analisis Penulis

- T.M(m): Suhu Ruang Pagi (Pengukuran Lapangan)
- T.M(s): Suhu Ruang Pagi (Simulasi)
- T.E(m): Suhu Ruang Sore (Pengukuran Lapangan)
- T.E(s): Suhu Ruang Sore (Simulasi)
- T Avg: Suhu Rata-Rata



Gambar 10. Simulasi Ruang Sore pada Jam 9.00
Sumber : Penulis



Gambar 11. Simulasi Ruang Sore pada Jam 12.00
Sumber : Penulis

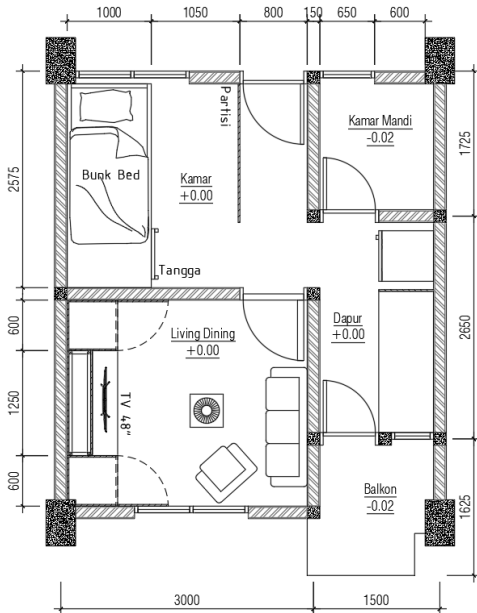
KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diberikan, suhu rata-rata untuk setiap ruangan tidak pernah mendekati batas suhu kenyamanan yang diatur. Hal ini menunjukkan bahwa bangunan itu sendiri tidak berfungsi dengan baik untuk mendukung kenyamanan termal bagi penghuninya. Selain itu, terlihat bahwa kedua sampel memiliki respons termal yang berbeda, dengan perubahan yang cepat pada ruang pagi dan perubahan yang lambat pada ruang sore. Penempatan layout ruangan eksisting menunjukkan bahwa ruangan dengan tingkat okupansi tinggi berada di tempat paling panas, sehingga kenyamanan dalam ruangan tersebut tidak terbagi secara optimal dibanding ruangan lain.

Re-Layout Ruang

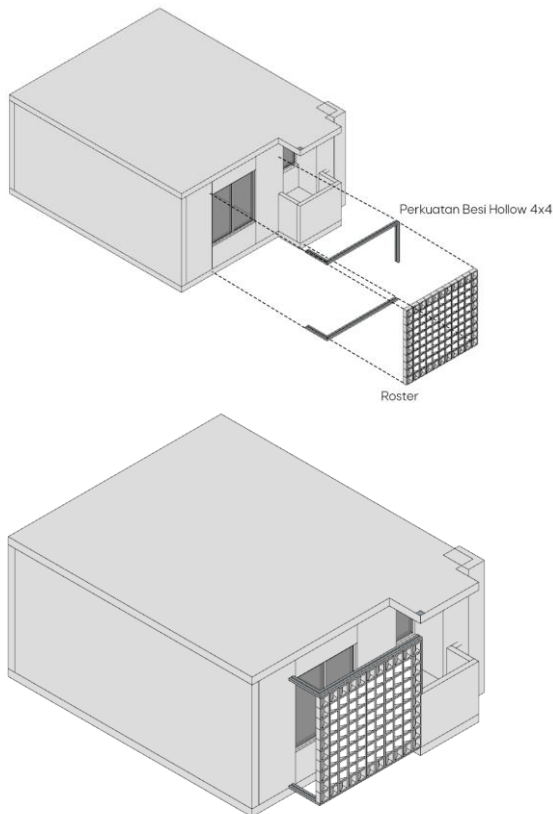
Untuk biaya yang paling rendah dan secara keseluruhan yang paling mudah adalah dengan melakukan remapping tata letak saat ini berdasarkan hasil penelitian dan simulasi. Pembaruan tata letak kamar yang baru memaksimalkan kenyamanan dengan menur

fungsi kamar tamu dan kamar tidur. Tindakan ini dilakukan berdasarkan hasil bahwa kamar tidur yang ada saat ini sebenarnya merupakan salah satu ruangan paling panas di hunian. Dengan tata letak baru ini, penghuni dapat mengatur area istirahat mereka antara kamar tidur dan ruang tamu. Satu-satunya barang yang perlu dibeli oleh pemilik adalah partisi, karena tempat tidur susun dan sofa sudah ada di tempat yang sudah ada.



Gambar 13. Layout Ruang Baru
Sumber : Penulis

Second Skin



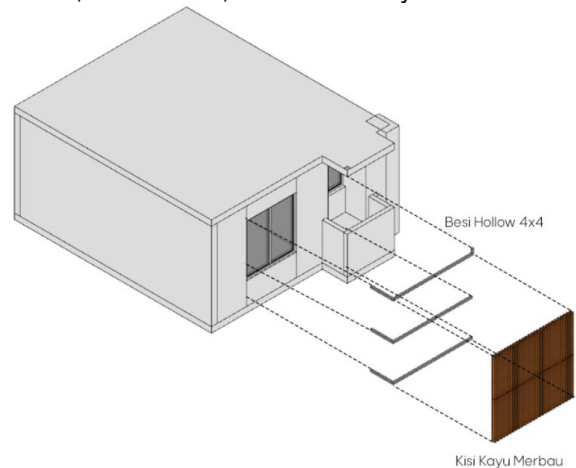
Gambar 14. Second Skin Roster
Sumber : Penulis

Sebuah lapisan kulit kedua bertindak sebagai lapisan tambahan untuk isolasi, mengurangi

jumlah panas yang masuk ke bangunan pada musim panas dan jumlah panas yang keluar pada musim dingin. Hal ini membantu menjaga suhu dalam ruangan lebih stabil, mengurangi kebutuhan pemanasan dan pendinginan buatan. Lapisan kedua dapat memantulkan atau menyerap radiasi matahari sebelum menembus struktur utama bangunan, mengurangi pemanasan di dalam bangunan dan menjaga agar tetap sejuk saat cuaca panas.

Seringkali, lapisan kedua termasuk ruang hampa yang ventilasi di antara lapisan luar dan dalam. Ruang hampa ini memungkinkan udara untuk beredar, yang dapat membantu menghilangkan panas dan mencegahnya masuk ke dalam bangunan. Ventilasi alami mengurangi ketergantungan pada sistem pendinginan mekanis (Sugini, 2014). Selain itu, dengan menyediakan penghalang tambahan, lapisan kedua dapat melindungi bangunan dari perubahan suhu eksternal yang cepat, menciptakan iklim dalam ruangan yang lebih konsisten dan meningkatkan kenyamanan bagi penghuninya.

Alternatif pertama untuk lapisan kedua menggunakan material Roster. Dengan menambahkan penguatan dalam bangunan berupa besi hollow 4x4, Roster dapat ditempatkan sepanjang penguatan ini sebagai elemen peneduh untuk ruangan yang sering digunakan untuk istirahat. Pendekatan ini dapat sangat bermanfaat untuk meningkatkan kenyamanan termal dalam studi Rusunawa Kudu Anda, karena membantu mengelola fluktuasi suhu secara efektif di ruangan di mana orang menghabiskan waktu cukup lama. Total biaya untuk menambahkan Roster sebagai lapisan kedua per ruangan adalah sekitar Rp. 3.200.000. Ini termasuk biaya Roster itu sendiri, besi hollow, dan instalasinya.

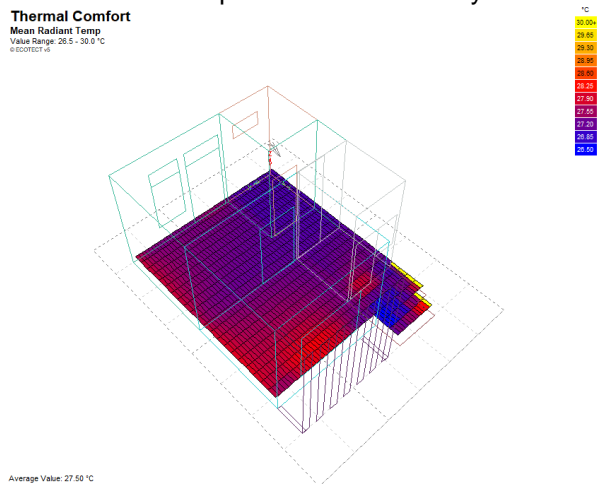


Gambar 15. Second Skin Kayu Ulin
Sumber : Penulis

Alternatif kedua untuk lapisan kedua menggunakan material jaring kayu Merbau. Membutuhkan sedikit penguatan karena jaring kayu tidak seberat Roster. Keunggulan menggunakan jaring kayu dibandingkan dengan Roster termasuk bobot yang lebih ringan, penampilan yang lebih rapi dan lebih tropis, serta sirkulasi udara yang lebih baik di permukaan fasad.

Ini dapat meningkatkan daya tarik estetika dan kinerja fungsional bangunan, terutama dalam hal ventilasi alami dan kenyamanan termal.

Alternatif ini lebih mahal karena kualitas dan perawatannya yang lebih tinggi. Roster terbuat dari campuran batu alam, pasir, atau semen, membuatnya lebih berat dan padat dalam karakteristiknya. Saat terkena sinar matahari dan hujan, Roster dapat dengan cepat menjadi lumut, dan bobotnya mungkin tidak diizinkan di gedung apartemen. Jaring kayu Merbau adalah kayu khusus yang diproses untuk penggunaan outdoor, dengan penguatan dan bobot yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Kayu Merbau juga lebih tahan terhadap panas dan lumut, dan warnanya dapat diakhiri dengan berbagai jenis finishing. Namun, beberapa kelemahan dari kayu Merbau termasuk biayanya yang lebih tinggi dan potensi serangan rayap. Total biaya untuk alternatif ini adalah sekitar Rp. 8.700.000, berdasarkan nilai pasar saat ini dari Kayu Merbau.



Gambar 16. Simulasi Second Skin pada Jam 12.00
Sumber : Penulis

Kedua aplikasi lapisan kedua tersebut menghasilkan simulasi kenyamanan termal rata-rata pada tengah hari (12:00) sebesar 27,8°C. Rekomendasi ini membantu mengurangi suhu secara keseluruhan, serta menciptakan elemen peneduh yang solid untuk mencegah sinar matahari menembus bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Roulina, K. S. (2021). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal pada Bangunan Tipe Rumah Sederhana (Studi Kasus : Perumahan Griya Paniki Indah di Manado). *Jurnal Fraktal* 6 (1), 30-37.
- A.S. Munawaroh, R. E. (2019). Penilaian Kenyamanan Termal pada Bangunan Perpustakaan Universitas Bandar Lampung. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur* 4(1), 85-98.
- A.S. Munawaroh, R. E. (2019). Persepsi Pengguna Terhadap Kenyamanan Termal. *Jurnal Arsitektur dan Perancangan* 2(2), 138-157.
- Adiline, R. (2021). Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Kuliah IKIP PGRI Water Kulon Progo DIY. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur* 17 (2), 165-174.

- Anisa Septiana Putri, I. W. (2023). Analisis Kenyamanan Termal Perancangan Ruang Kelas Berbasis Bukaannya Jendela Pada Sekolah Islam Terpadu di Rupa Utara. *Jurnal Arsitektur : Arsitektur Melayu dan Lingkungan*, 13-25.
- ASHRAE. (2013). *ASHRAE Standard 55-2010 : Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. America: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
- Candra Monica, Y. P. (2022). Penilaian Kenyamanan Termal Ruang Menggunakan PMV (Studi Kasus Perpustakaan SDN 27 Pontianak Utara). *JMARS : Jurnal Mosaik Arsitektur*, 300-308.
- I. M. Waisnawa, P. (2019). Pengaruh Pola Ruang Terbuka Hijau Terhadap Sirkulasi Udara pada Rumah Tinggal. *Jurnal Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* 7(1), 17-30.
- Kartika Valentina, D. I. (2020). Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Termal pada Ruang Kelas di Kampus Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro Tembalang. *Imaji* 9, 421-30.
- S. Szokolay, O. K. (1973). *Manual of Tropical Housing and Building*. Bombay: Orient Langnam.
- Santoso, E. I. (2012). Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan di Daerah Beriklim Tropis Lembab. *Indonesian Green Technology Journal* 1(1), 13-19.
- Sugini. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang (Konsep dan Penerapan pada Desain)*. Graha Ilmu.
- Suyoga, I. P. (2019). Ideologi Ekologi Dalam Tekanan Ideologi Pasar Pada Konstruksi Arsitektur Tradisional Bali. *Jurnal PATRA* 1(1), 59-67.
- Triztika, R. A. (2022). Evaluasi Penghawaan dan Sirkulasi Ventilasi Udara di Dalam Ruang Poli Gigi. *Jurnal Desain - Kajian Bidang Penelitian Desain* 2(1), 252-257.