

STUDI STRATEGI DESAIN PASIF TERHADAP KENYAMANAN TERMAL RUMAH SUBSIDI DI IKLIM TROPIS

¹Bernard Redemptus Nindita Navaldi, ²Jatmika Adi Suryabrata
¹Mahasiswa Program Magister Arsitektur, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
²Staf Pengajar, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Email: br.nindita.navaldi@mail.ugm.ac.id¹

Informasi Naskah

Diterima: 14/11/2025; Disetujui terbit: 14/1/2026; Diterbitkan: 3/6/2026;
<http://journal.uib.ac.id/index.php/jad>

ABSTRAK

Kebutuhan rumah tinggal yang layak di Indonesia meningkat akibat populasi penduduk yang terus bertumbuh, sehingga mendorong pembangunan rumah subsidi secara masif. Pembangunan rumah subsidi yang meningkat juga akan meningkatkan konsumsi energi listrik terutama pada penggunaan sistem penghawaan buatan, karena kenyamanan termal pada rumah yang kurang baik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh penerapan desain pasif terhadap nilai *operative temperature* rumah subsidi dan mencari strategi yang dapat meningkatkan kenyamanan termal rumah subsidi di iklim tropis. Penelitian ini menggunakan metode simulasi melalui aplikasi EnergyPlus dengan model rumah 36 m² di Kota Jakarta. Hasil menunjukkan strategi desain pasif yang paling berpengaruh pada kenyamanan termal rumah subsidi di iklim tropis adalah yang berfokus pada pengendalian panas yang berasal dari atap seperti penggunaan *cool roof* dan insulasi. Penggunaan strategi yang memanfaatkan ventilasi alami seperti jendela nako dapat digunakan sebagai pelengkap namun tidak diutamakan.

Kata Kunci: rumah subsidi, strategi desain pasif, *operative temperature*, iklim tropis

ABSTRACT

The need for proper housing in Indonesia is increasing due to the growing population, thus driving the massive construction of low-income housing or subsidized housing. The increasing construction of subsidized housing will also increase electricity consumption, especially in the use of mechanical cooling systems, due to poor thermal comfort in the houses. This study aims to identify the effect of passive design implementation on the operative temperature value of subsidized houses and find strategies that can improve the thermal comfort of subsidized houses in tropical climates. This study uses a simulation method through the EnergyPlus application with a 36 m² house model in Jakarta City. The results show that the passive design strategies that have the most influence on the thermal comfort of subsidized houses in tropical climates are those that focus on heat control from the roof such as cool roofs and insulation. The use of strategies that utilize natural ventilation such as nako windows can be used as an additional element but are not prioritized.

Keyword: subsidized housing, passive design strategy, operative temperature, tropical climate

1. Pendahuluan

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan akan mencapai 297,43 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2023). Dengan meningkatnya populasi penduduk, maka kebutuhan rumah tinggal juga akan semakin tinggi. Kebutuhan rumah tinggal yang layak juga sangat diperlukan oleh masyarakat berpenghasilan rendah (MBR). Berdasarkan beberapa penelitian, rumah subsidi ini cenderung kurang layak untuk dihuni terutama karena masalah kenyamanan termal. Dalam penelitian terkini, rumah subsidi mengalami suhu dalam ruang melebihi 30°C pada sebagian besar hari (Handayani et al., 2024). Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu dalam ruang yaitu orientasi bangunan terhadap matahari, material selubung bangunan, bukaan, dan naungan (Soewarno, 2024). Dari temuan ini, diperlukan upaya yang hemat energi

untuk mengatasi efek transfer panas dari selubung bangunan pada rumah subsidi. Desain pasif dinilai sebagai strategi yang tepat dalam mencapai tujuan tersebut.

Beberapa peneliti telah melakukan studi terkait penerapan desain pasif pada rumah tinggal, terutama pada penggunaan material atap, cat lapisan atap, inulasi atap, dan *shading* atau pembayang. Penggunaan material pada atap dengan konduktivitas termal rendah, seperti genteng beton dan atap PVC, dapat mengurangi penyerapan panas (Muri & Hariyadi, 2024). Pemilihan warna lapisan luar bangunan yang terang dapat mengurangi penyerapan panas, sehingga mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan (Donthu et al., 2024). Insulasi pada atap dapat memperbaiki kenyamanan termal dengan mengurangi akumulasi panas berlebih (Hashemi, 2017). Strategi naungan, seperti penggunaan peneduh, beranda, dan vegetasi, terbukti dapat mengurangi suhu ruangan secara signifikan dengan melindungi jendela dari paparan langsung sinar matahari (Olewi & Mohamed, 2023).

Namun dari beberapa penelitian tersebut, belum diketahui komparasi strategi desain pasif yang paling signifikan dalam meningkatkan kenyamanan termal karena perbedaan objek dan lokus penelitian. Oleh karena itu penelitian ini ditujukan untuk membandingkan tiap strategi desain pasif dan mengidentifikasi strategi desain pasif yang dapat meningkatkan kenyamanan termal sesuai standar yang ada, sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan rumah subsidi.

2. Kajian Pustaka Rumah Subsidi

Istilah "rumah subsidi" digunakan untuk merujuk pada berbagai jenis perumahan sektor publik dan swasta yang pembiayaannya dilakukan secara subsidi, disewakan, atau dijual di bawah harga pasar, dan didistribusikan sesuai dengan standar kesejahteraan sosial dan politik (Ozer & Jacoby, 2022). Di Indonesia sendiri, rumah subsidi merupakan salah satu program pemerintah yang dikenal sebagai Kredit Pemilikan Rumah (KPR). Secara umum, KPR bersubsidi merupakan program yang diselenggarakan oleh lembaga perbankan dan juga melibatkan pihak pemerintah, yang diatur serta diawasi oleh pemerintah melalui Kementerian PUPR (Fidianti, 2023). Tipe rumah KPR yang menerima subsidi penuh dari pemerintah adalah tipe 36 m², sementara tipe 45 m² dan 54 m² mendapatkan subsidi sebagian dari pemerintah (Asharul Falah, 2020).

Desain Pasif di Iklim Tropis

Desain pasif di iklim tropis berfokus pada pengoptimalan kinerja suatu bangunan untuk meningkatkan kenyamanan termal dan pencahayaan alami sambil meminimalkan konsumsi energi (Salleh et al., 2023). Indonesia termasuk wilayah beriklim tropis lembab, yang memiliki ciri kelembapan udara tinggi dan suhu udara yang relatif panas sepanjang tahun (Bambang & Sari, 2021). Strategi desain pasif di iklim tropis telah banyak berkembang dilihat dari penelitian-penelitian dalam dekade terakhir. Elemen desain pasif yang mempengaruhi tinggi-rendahnya suhu dalam ruang di iklim tropis adalah orientasi ruang terhadap matahari, atap, dinding, warna lapisan luar, material bangunan, insulasi, bukaan (jendela dan ventilasi), dan naungan (Soewarno, 2024).

Kenyamanan Termal

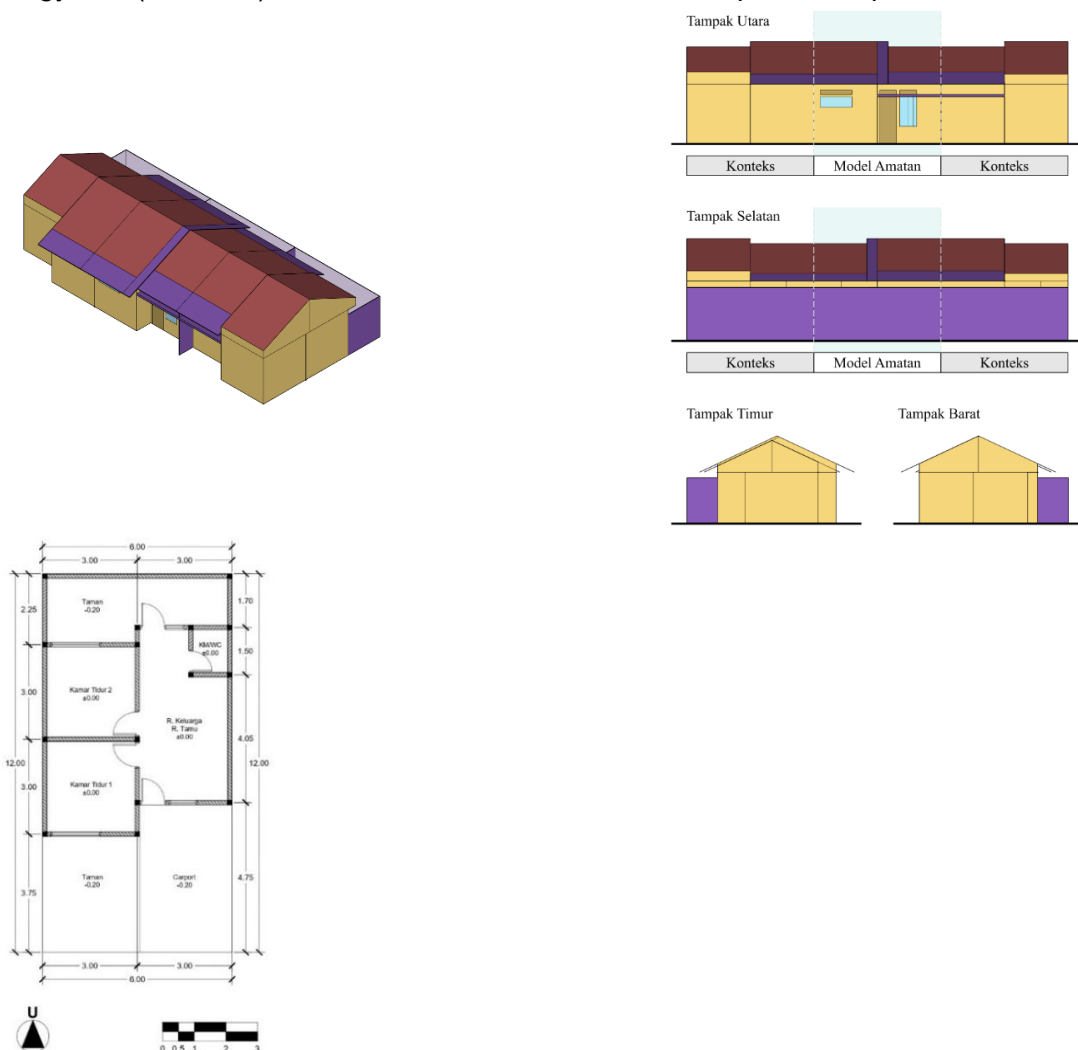
Kenyamanan termal adalah persepsi seseorang yang memiliki rasa puas dengan kondisi termal lingkungannya (Tan et al., 2023). Adapun standar zona kenyamanan dinyatakan dengan nilai *Operative Temperature*, yaitu suhu rata-rata dari suhu radiasi rata-rata dan suhu udara ruangan yang diukur oleh termometer. *Operative temperature* yang nyaman untuk kebanyakan orang biasanya berada pada rentang 20-25°C dalam lingkungan termal netral (ASHRAE, 2013). Kendati demikian, hasil beberapa penelitian mengindikasikan bahwa rentang suhu yang masih dapat diterima oleh penghuni bangunan di daerah tropis lebih luas dari yang direkomendasikan oleh standar seperti ASHRAE 55 (Aderinsola et al., 2025). Hal ini yang mendukung diterapkannya teori *Adaptive comfort* atau kenyamanan adaptif, yang dibuat untuk menghitung

kenyamanan termal pada bangunan yang menggunakan penghawaan alami. Lebih lanjut, penelitian tersebut mengamati bahwa batas atas suhu yang masih dianggap nyaman dapat mencapai sekitar 32°C.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi melalui aplikasi EnergyPlus, yaitu program simulasi energi bangunan menyeluruh yang digunakan untuk memodelkan konsumsi energi dari sistem pemanasan, pendinginan, ventilasi, penerangan, penggunaan air, dan beban listrik. Penggunaan metode simulasi efektif dalam mengidentifikasi hubungan sebab-akibat, baik yang tampak maupun yang tidak terlihat dalam konteks dunia nyata (Groat & Wang, 2002).

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan pembuatan model *base case* rumah subsidi menggunakan SketchUp dengan plug-in Open Studio, sebagai objek utama penelitian. Standar model mengikuti peraturan yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor 2947/KPTS/M/2024. Secara khusus, rumah tipe 36 dipilih dalam penelitian ini karena merupakan tipe yang paling umum dibangun. Desain rumah subsidi mengacu pada studi preseden rumah-rumah subsidi tipe 36 terbangun di Indonesia, dengan konteks rumah deret dan orientasi bangunan menghadap selatan. Data iklim pada model menggunakan lokasi Kota Jakarta sebagai acuan lokasi di Indonesia, yang diperoleh dari situs climate.onebuilding.org sebagai penyedia data iklim dalam format EnergyPlus (EPW file). Model *base case* rumah subsidi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Model *Base Case* Rumah Subsidi
Sumber: (Pribadi, 2025)

Langkah kedua adalah melakukan simulasi penerapan desain pasif pada selubung bangunan menurut rekomendasi buku “*Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climates*” (Baker, 1987). Desain pasif yang tersebut yaitu penggunaan material atap, material dinding, *cool roof*, insulasi, ventilasi loteng, kanopi, dan jendela nako. Dalam simulasi diperlukan pengaturan properti model *base case* dengan detail seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengaturan Properti Simulasi Model *Base Case*

Parameter	Keterangan		
Tipologi Bangunan	Residensial (Rumah Tinggal)		
Weather Data (EPW)	Jakarta (IDN_JW_Jakarta.Obs.967450_TMYx.2009-2023)		
Jumlah Lantai	1		
Material Bangunan	Construction	Material	U-Value
		<i>Interior Wall</i>	Acian + Plester + Batu Bata + Plester + Acian
		<i>Exterior Wall</i>	Acian + Plester + Batu Bata + Plester + Acian
		<i>Roof</i>	Atap Spandek
		<i>Ceiling</i>	Kalsiboard
		<i>Floor</i>	Concrete-Reinforced + Cement Sand Render + Keramik
		<i>Glazing</i>	5mm Clear Glass DB
Thermal Zone	<i>Bedroom 1, Bedroom 2, Livingroom, Bathroom, Attic</i>		

Sumber: (Pribadi, 2025)

Dalam simulasi dilakukan perbandingan nilai *operative temperature* model *base case* dan penerapan strategi desain pasif, dengan batas atas suhu nyaman 32°C. Strategi pertama adalah dengan pemilihan material atap, yang terdiri dari atap spandek (*base case*), genteng terracotta, atap bitumen, atap beton, atap metal (zinc), dan atap PVC. Strategi kedua adalah dengan pemilihan material dinding, yang terdiri dari batu bata (*base case*), batako, dan bata ringan. Strategi ketiga adalah dengan menggunakan *cool roof*, yaitu perlakuan pada permukaan atap bangunan dengan meningkatkan reflektansi surya dan emisi termal. Strategi keempat adalah insulasi, menggunakan bahan *glasswool* dan *rockwool* dengan perbedaan peletakan pada atap dan pada plafon. Strategi kelima adalah penerapan ventilasi loteng, dengan perbandingan lebar ventilasi 8 cm, 16 cm, dan 24 cm. Strategi keenam adalah penambahan kanopi, yang terbagi menjadi kanopi *carport*, kanopi teras depan, kanopi dapur, dan ruang dapur (belakang). Dan strategi terakhir adalah penggunaan jendela nako sebagai peningkatan luas bukaan efektif jendela. Jendela nako diatur dalam skema keterbukaan jendela yang terdiri dari *day operable* (DO) yang terbuka dari jam 06.00-19.00, *night ventilation* (NV) yang terbuka dari jam 19.00-06.00, dan *always open* (AO) yang terbuka sepanjang hari. Dalam simulasi, diperlukan data properti termal material yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Properti Termal Material

Material	<i>d</i>	<i>K</i>	<i>Densit</i>	<i>Specif</i>	<i>Roughnes</i>	<i>Absorption</i>		
	(m)	(W/m.K)	(kg/m ³)	<i>ic Heat</i>		<i>Thermal</i>	<i>Solar</i>	<i>Visible</i>
				(J/kg.K)				
Base Case								
Spandek ¹	0,0025	50	7.860	500	Smooth	0,9	0,75	0,75
Ceramic ¹	0,003	1,3	2.300	840	Smooth	0,9	0,26	0,65
Kalsiboard ¹	0,003	0,533	800	1.090	Med. Smooth	0,65	0,65	0,65
Plester ¹	0,015	0,533	600	1.000	Rough	0,65	0,65	0,65

Batu Bata ²	0,1	0,303	500	1.000	Med. Rough	0,9	0,65	0,65
Acian ¹	0,005	1,448	2.400	1.000	Smooth	0,65	0,65	0,65
Wood ¹	0,025	0,15	608	1.630	Med. Smooth	0,9	0,5	0,5
Strategi Material Atap								
Terracotta ³	0,015	1	1.860	800	Rough	0,9	0,7	0,7
Bitumen ¹	0,01	0,5	1.700	1.000	Med. Smooth	0,9	0,9	0,9
Beton ¹	0,015	1,1	2.100	837	Rough	0,9	0,8	0,7
Metal ¹	0,002	160	2.800	896	Smooth	0,9	0,8	0,7
uPVC ²	0,01	0,16	1.379	1.000	Smooth	0,9	0,8	0,7
Strategi Material Dinding								
Bata Ringan ¹	0,1	0,24	750	1.000	Med.Roug h	0,9	0,65	0,65
Batako ¹	0,1	0,85	1.400	600	Rough	0,9	0,65	0,65
Strategi Cool Roof								
Cool Roof ⁴	0,013	0,14	1,42	500	Smooth	0,9	0,25	0,25
Strategi Insulasi								
Glasswool ¹	0,025	0,040	200	900	Med.Roug h	0,9	0,5	0,5
Rockwool ¹	0,025	0,035	100	840	Med.Roug h	0,9	0,6	0,6

Sumber: 1. (IES-VE Material Database, 2023), 2. (Pandu & Purwanto, 2021), 3. (Muri & Haryadi, 2024), dan 4. (ROOFTOP® Technical Data Sheet, 2025)

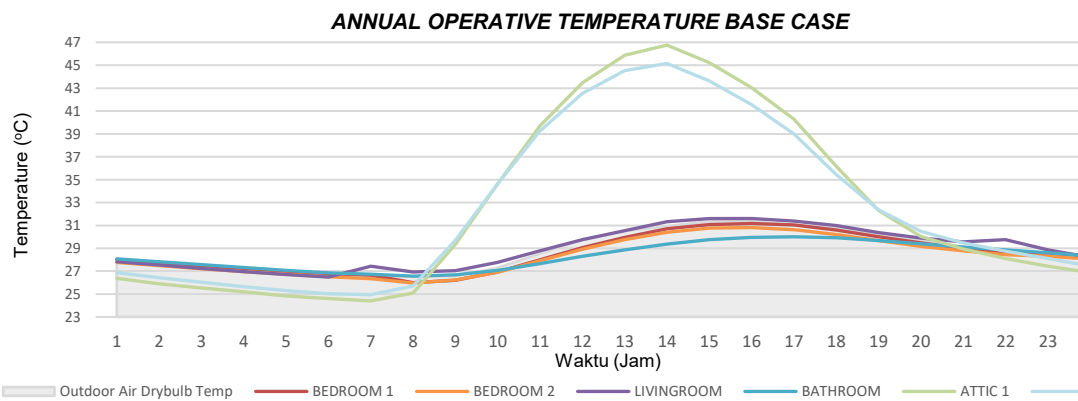
Setelah melakukan simulasi, tahap terakhir pada penelitian ini adalah analisis dan pembahasan terhadap hasil simulasi untuk menemukan strategi desain pasif yang dapat meningkatkan kenyamanan termal rumah subsidi di iklim tropis.

4. Hasil dan Pembahasan

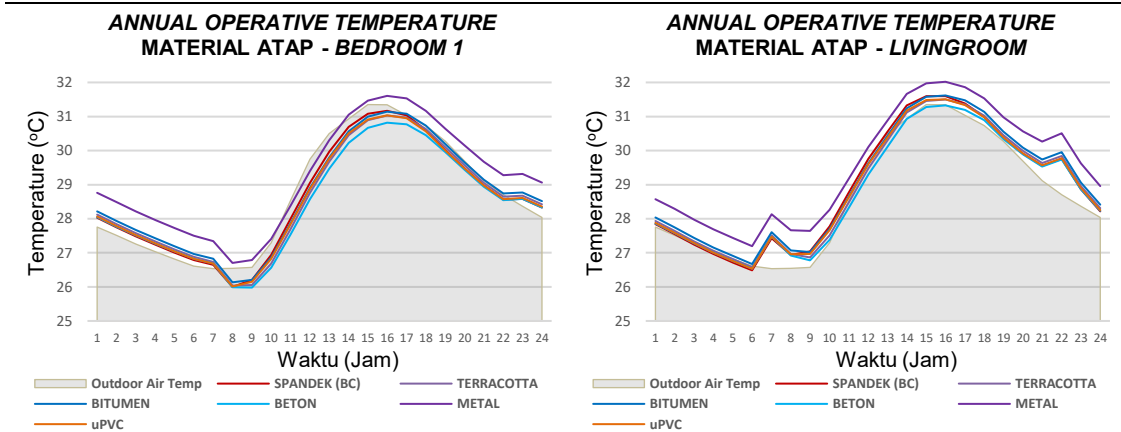
Bagian ini memaparkan hasil dan pembahasan penelitian. Hasil simulasi model rumah subsidi dengan penerapan strategi desain pasif dapat dilihat pada **Tabel 4**. Data ditampilkan dengan nilai *operative temperature* rata-rata dalam satu tahun, selama 24 jam per hari di ruang *bedroom* 1 dan ruang *livingroom*.

Tabel 4. Hasil Simulasi *Operative Temperature* Rata-Rata dalam Setahun

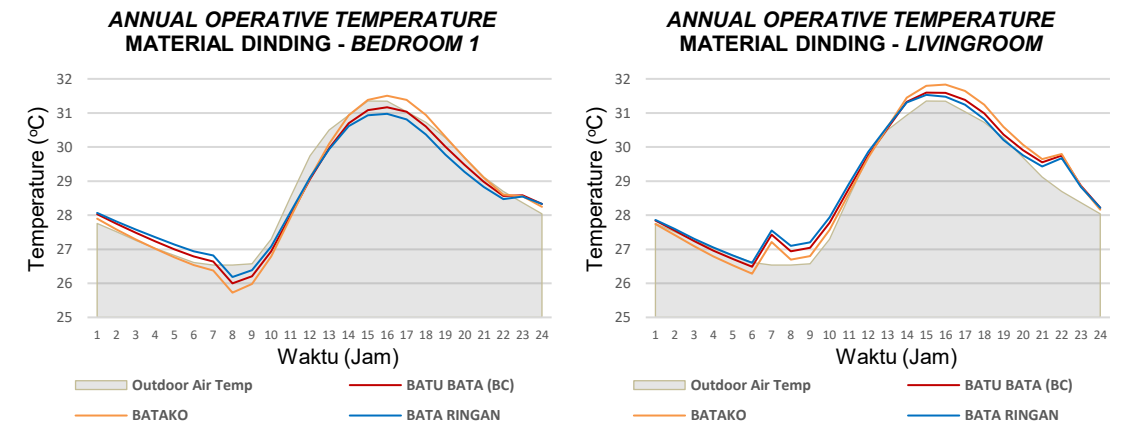
Base Case



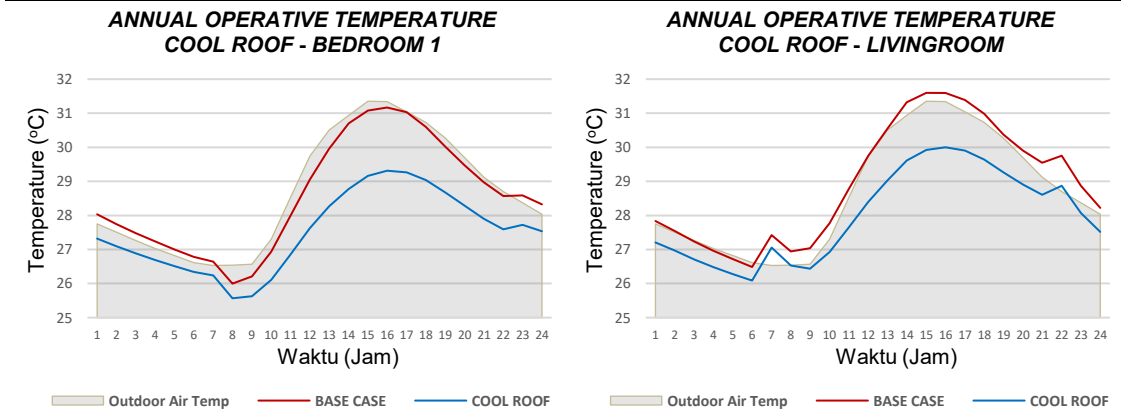
Strategi Material Atap



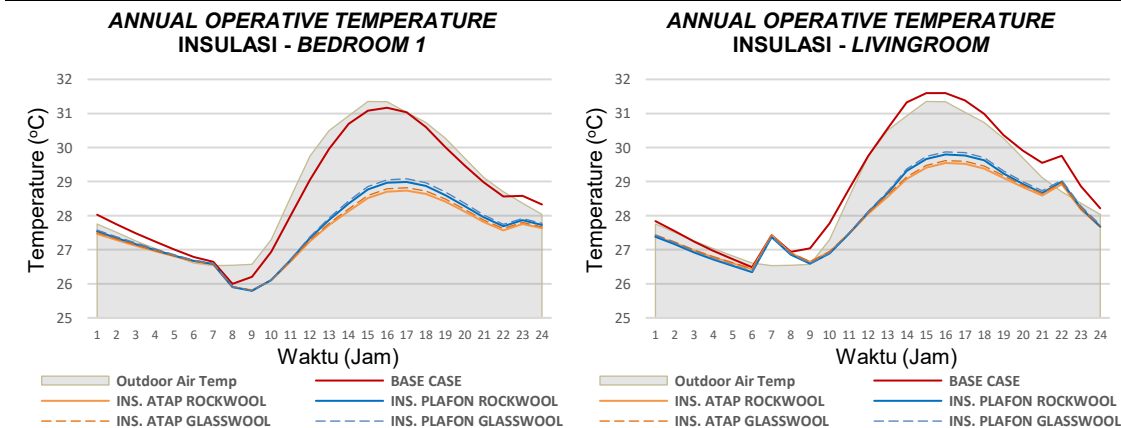
Strategi Material Dinding



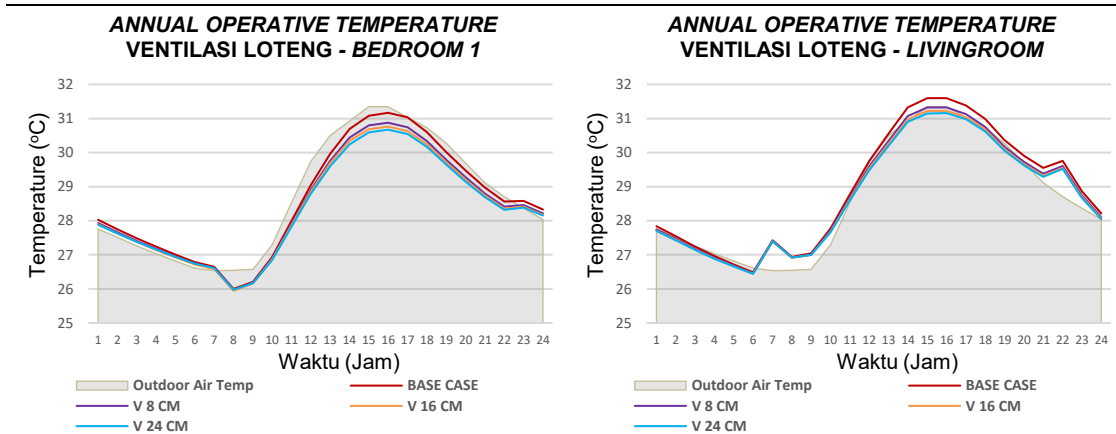
Strategi Cool Roof



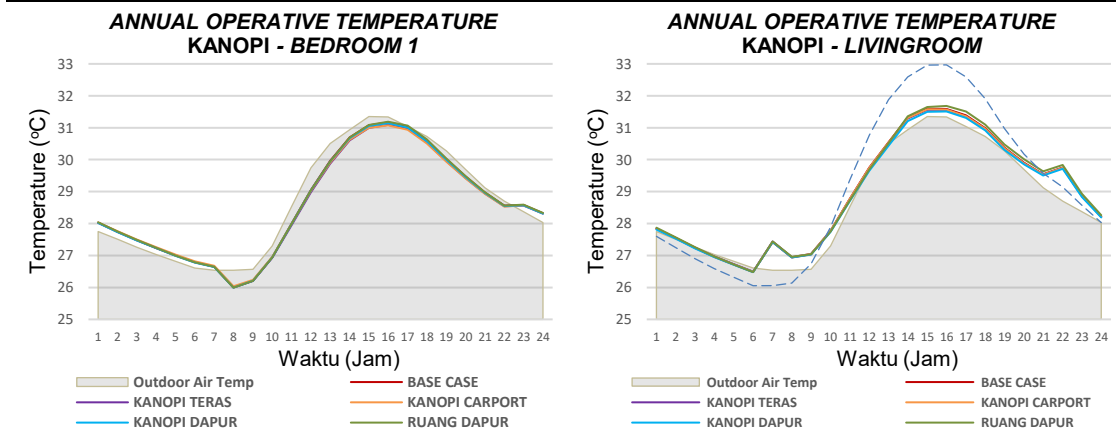
Strategi Insulasi



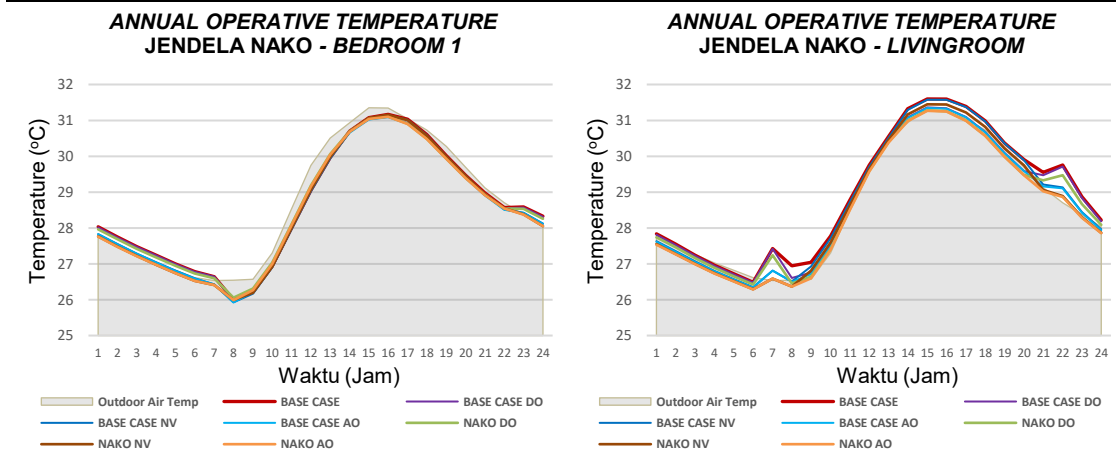
Strategi Ventilasi Loteng



Strategi Kanopi



Strategi Jendela Nako



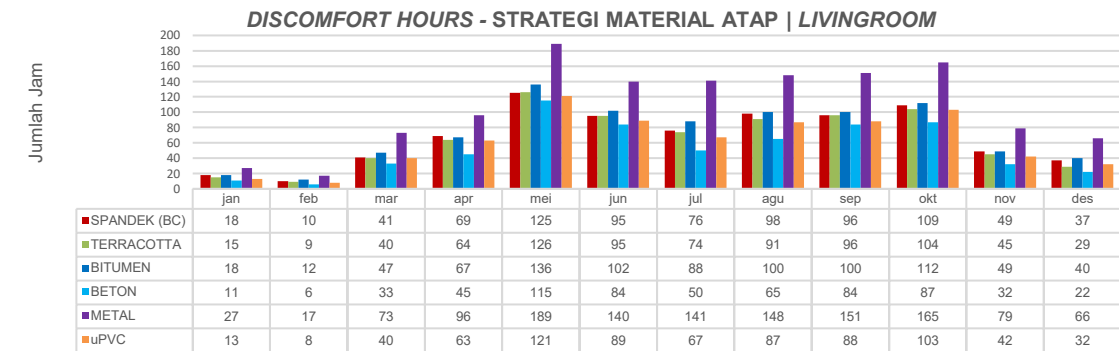
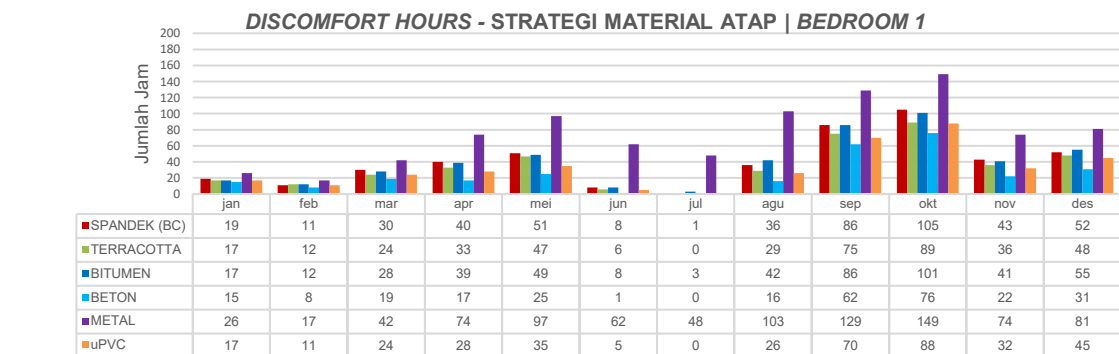
Sumber: (Pribadi, 2025)

Hasil simulasi model *base case* menunjukkan ruang *attic* memiliki suhu tertinggi dengan puncak suhu lebih dari 54°C, jauh di atas ruang-ruang lainnya. Tetapi pada malam hingga pagi hari, suhu ruang *attic* lebih rendah dari ruang lainnya yang disebabkan oleh proses *radiative cooling* pada atap. Atap memancarkan radiasi infra merah saat malam menyebabkan suhu permukaan atap menjadi turun (Fahim et al., 2018). Di antara ruang-ruang fungsional, ruang *livingroom* memiliki suhu paling panas. Lonjakan suhu pada ruang *livingroom* di jam 07.00 disebabkan penggunaan *rice cooker* dan lonjakan suhu di jam 22.00 disebabkan penggunaan setrika yang diatur dalam *schedule* di EnergyPlus.

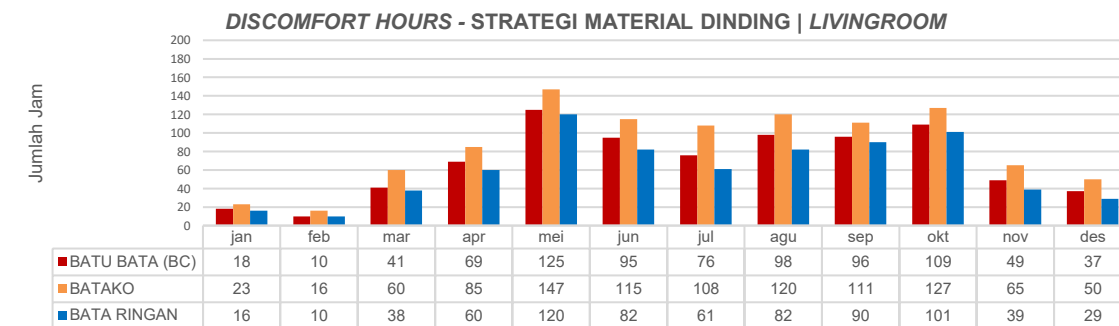
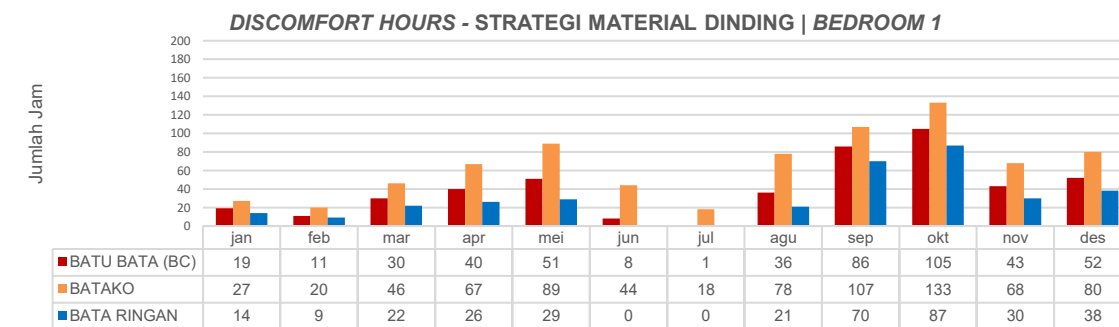
Pada grafik nilai *Operative Temperature* rata-rata dalam setahun, terdapat beberapa selisih suhu yang sangat kecil dengan penerapan strategi desain pasif. Untuk melihat pengaruh tiap strategi desain pasif lebih luas, dilakukan perhitungan *Discomfort*

Hours atau jumlah jam suhu ruang di luar suhu nyaman (32°C), yang dapat dilihat pada Tabel 5.

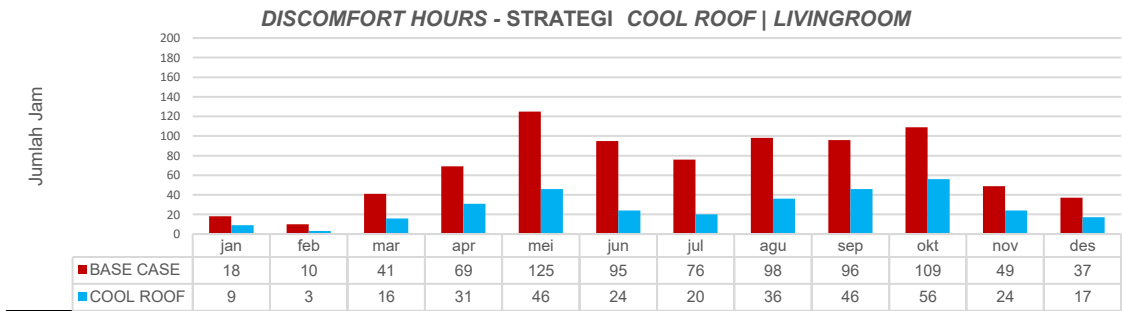
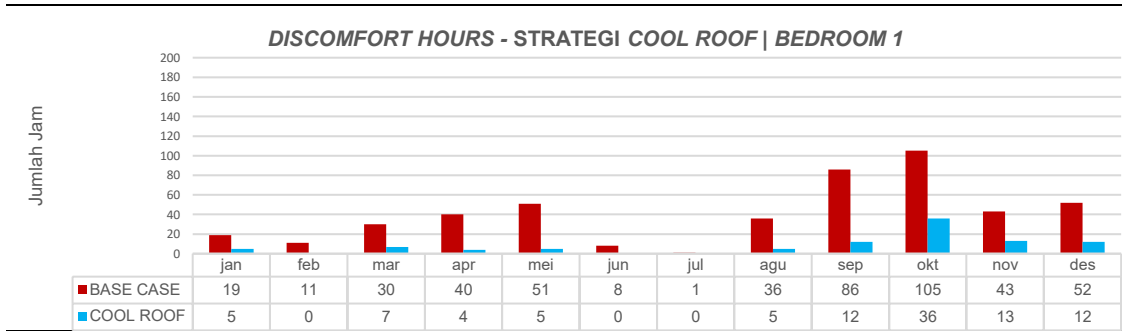
Tabel 5. Hasil *Discomfort Hours* dalam Setahun dengan Strategi Desain Pasif
Strategi Material Atap



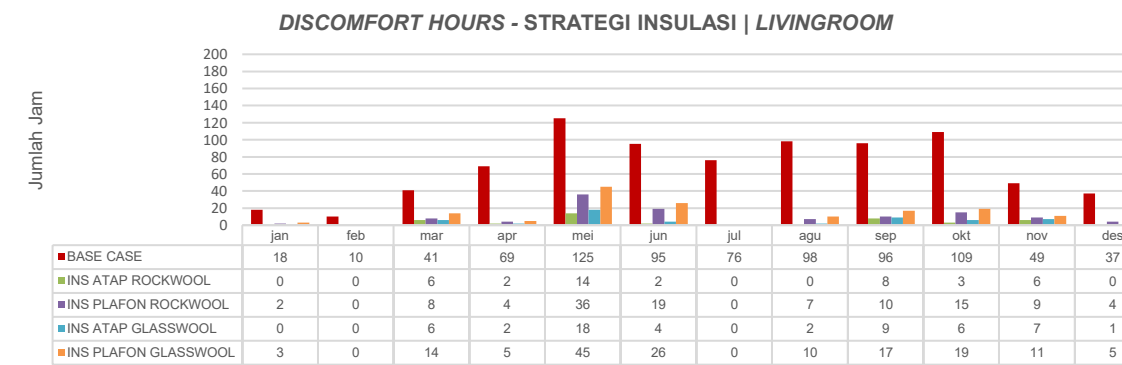
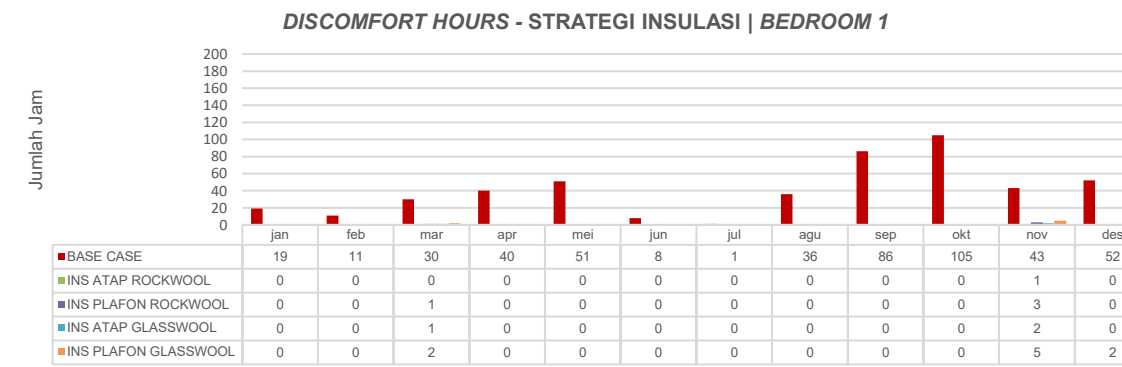
Strategi Material Dinding



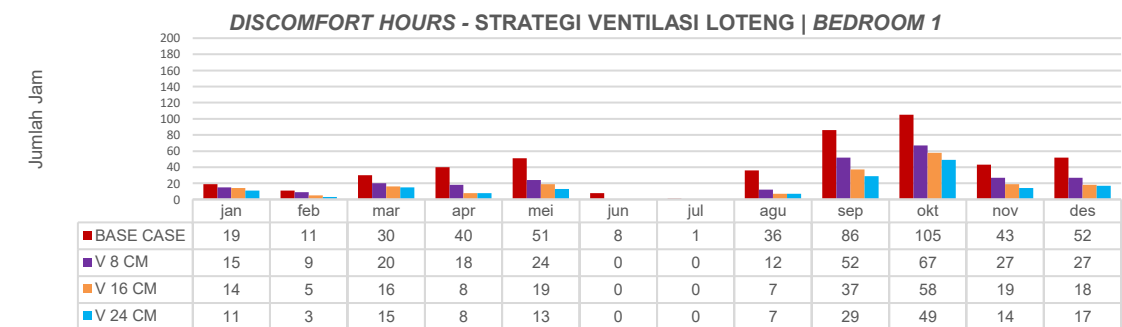
Strategi Cool Roof

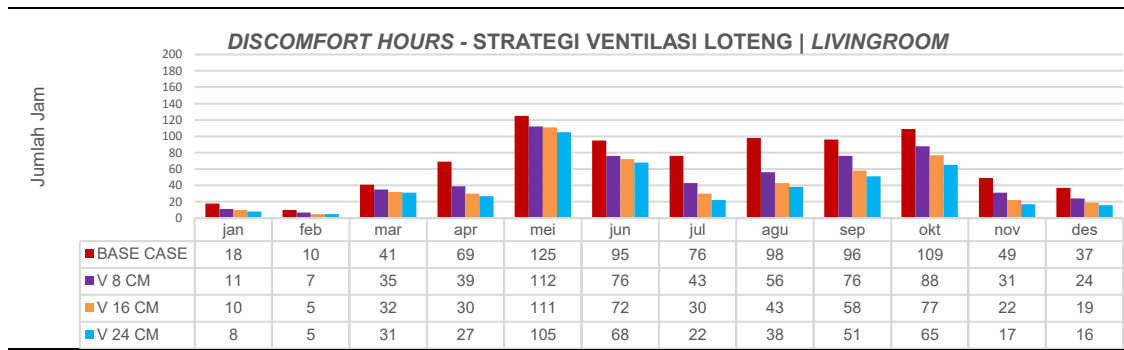


Strategi Insulasi

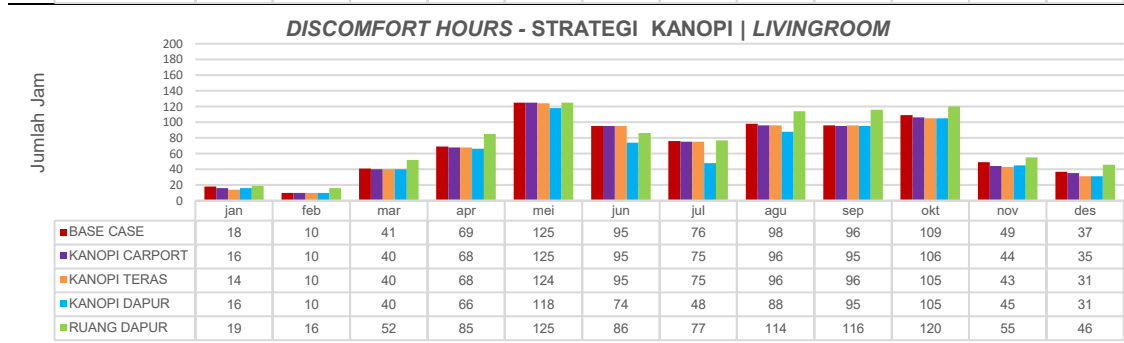
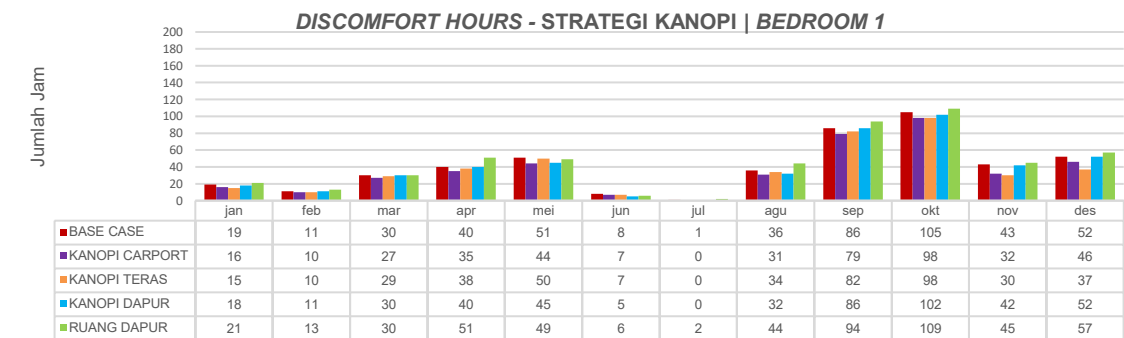


Strategi Ventilasi Loteng

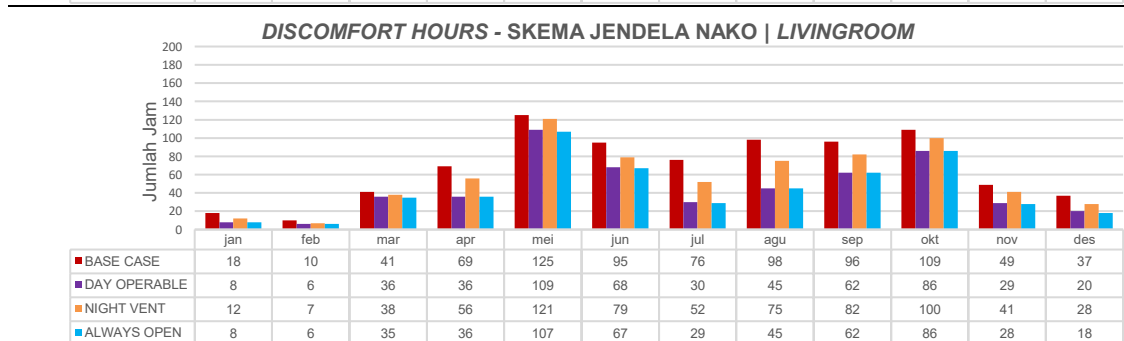
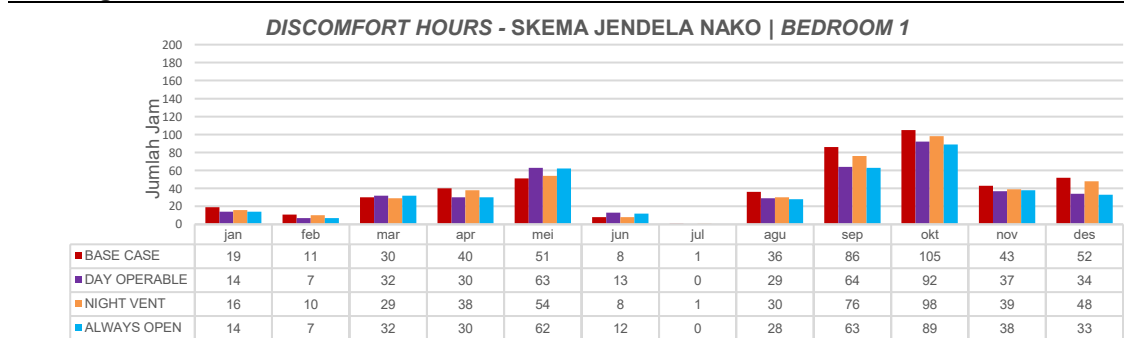




Strategi Kanopi



Strategi Jendela Nako



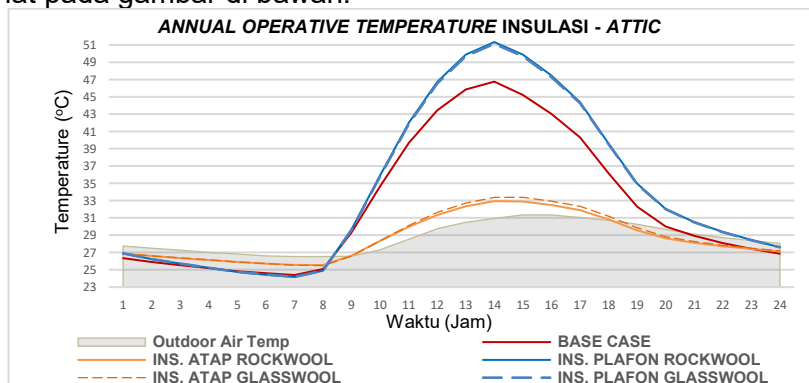
Sumber: (Pribadi, 2025)

Pada penerapan strategi material atap, bahan metal memiliki suhu ruang dan jumlah *discomfort hours* paling tinggi. Sedangkan atap beton memiliki suhu ruang dan jumlah *discomfort hours* paling rendah. Jika dilihat dari sifat materialnya (lihat **Tabel 2**), atap beton memiliki konduktivitas yang cukup rendah sebesar 1,1 W/m.K tetapi juga densitas yang tinggi sebesar 2.100 kg/m³ sehingga dapat menyimpan panas lebih lama dan suhu dalam ruang di siang hari dapat berkurang dari kondisi *base case* (atap spandek). Sedangkan atap metal memiliki densitas sebesar 2.800 kg/m³ tetapi konduktivitas sangat tinggi sebesar 160 W/m.K sehingga kurang dapat mengimbangi sifat konduktor dari atap metal. Pada material atap, sifat material yang paling utama untuk diperhatikan adalah nilai konduktivitas yang rendah, densitas yang tinggi, dan *solar absorptance* yang rendah.

Dengan penerapan strategi material dinding, penggunaan bata ringan memiliki suhu ruang dan jumlah *discomfort hours* paling rendah, sedangkan batako memiliki suhu ruang dan jumlah *discomfort hours* paling tinggi. Hal ini dikarenakan bata ringan memiliki konduktivitas dan densitas yang rendah (lihat **Tabel 2**) sehingga mampu menahan panas saat siang hari, tetapi suhu panas yang berada dalam ruang lebih sulit dilepaskan saat malam hari sehingga suhu ruang lebih tinggi. Dinding batako memiliki densitas yang tinggi, tetapi konduktivitas yang tinggi dan *specific heat capacity* yang rendah sehingga suhu dinding batako mudah meningkat. Dinding batu bata memiliki konduktivitas dan densitas yang berada di tengah-tengah kedua material menyebabkan batu bata mudah melepas panas. Densitas dan konduktivitas yang rendah pada material dinding memiliki daya insulasi panas yang tinggi. Material atap dan dinding berpengaruh dalam menentukan suhu dalam ruang, tetapi perbedaan penurunan suhu antar material cenderung kecil.

Penerapan strategi *cool roof* dapat menurunkan memiliki suhu ruang dan jumlah *discomfort hours* secara signifikan. Dengan *cool roof*, suhu ruang *attic* dapat diturunkan hingga ±9,3°C pada jam 14.00, dan pada ruang-ruang di bawahnya *operative temperature* dapat menurun ±1,0–1,7°C pada rentang jam 11.00–18.00. Penyebab strategi *cool roof* ini efektif dalam menurunkan suhu ruang yaitu karena nilai *solar absorptance* materialnya yang rendah. *Cool roof* memiliki nilai *solar absorptance* sebesar 0,25 yang artinya memiliki nilai *solar reflectance* sebesar 0,75 sehingga reflektif terhadap radiasi matahari. Dengan radiasi yang diserap lebih sedikit, suhu permukaan atap menjadi lebih dingin, dan gradien konduksi dari material atap ke plafon menjadi lebih kecil sehingga panas yang masuk ke ruang berkurang.

Pada penggunaan insulasi atap dan plafon, suhu ruang-ruang yang berada di bawah plafon dapat menurun secara signifikan. Selisih suhu ruang dari peletakan insulasi atap dan plafon adalah sebesar ±0,3°C pada jam 14.00–18.00 dengan bahan insulasi yang sama. Akan tetapi terdapat perbedaan pengaruh pada ruang *attic* yang dapat dilihat pada gambar di bawah.

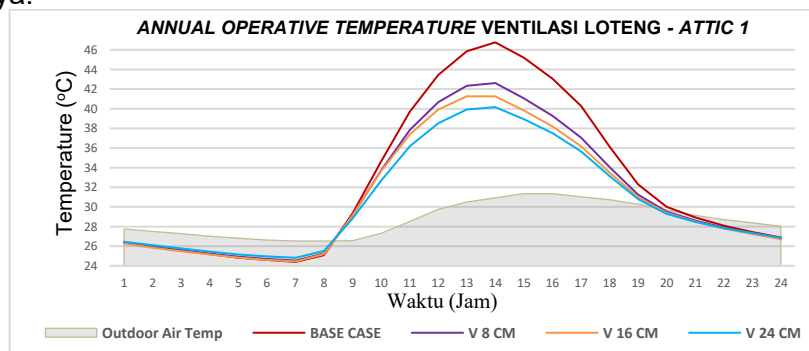


Gambar 2. Nilai Operative Temperature Ruang Attic dengan Strategi Insulasi
Sumber: (Pribadi, 2025)

Dengan kedua jenis insulasi pada atap, suhu ruang *attic* dapat diturunkan hingga

$\pm 14^{\circ}\text{C}$ pada jam 14.00. Tetapi dengan peletakan pada plafon suhu ruang *attic* meningkat hingga $\pm 2^{\circ}\text{C}$ pada jam yang sama. Penyebabnya adalah pada penggunaan insulasi plafon, energi panas yang diserap oleh material atap tertahan di dalam ruang *attic* karena adanya insulasi di atas plafon yang mencegah panas berpindah ke ruang-ruang di bawah ruang *attic* dan menyebabkan suhu ruang *attic* meningkat. Sedangkan dengan insulasi atap, energi panas dicegah dari mulai dari material atap sehingga perpindahan panas dapat berkurang sejak di ruang *attic*. Selisih perbedaan suhu ruang dengan bahan insulasi *rockwool* dan *glasswool* cenderung sangat kecil yaitu hanya $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ dengan bahan insulasi *rockwool* yang dapat menurunkan suhu lebih besar. Jika dilihat berdasarkan sifat materialnya (Tabel 2), bahan *rockwool* memiliki nilai konduktivitas $0,036 \text{ W/m.K}$ sedangkan bahan *glasswool* memiliki nilai konduktivitas $0,040 \text{ W/m.K}$. Perbedaan nilai konduktivitas yang cenderung kecil ini menyebabkan perbedaan penurunan suhu ruang yang kecil.

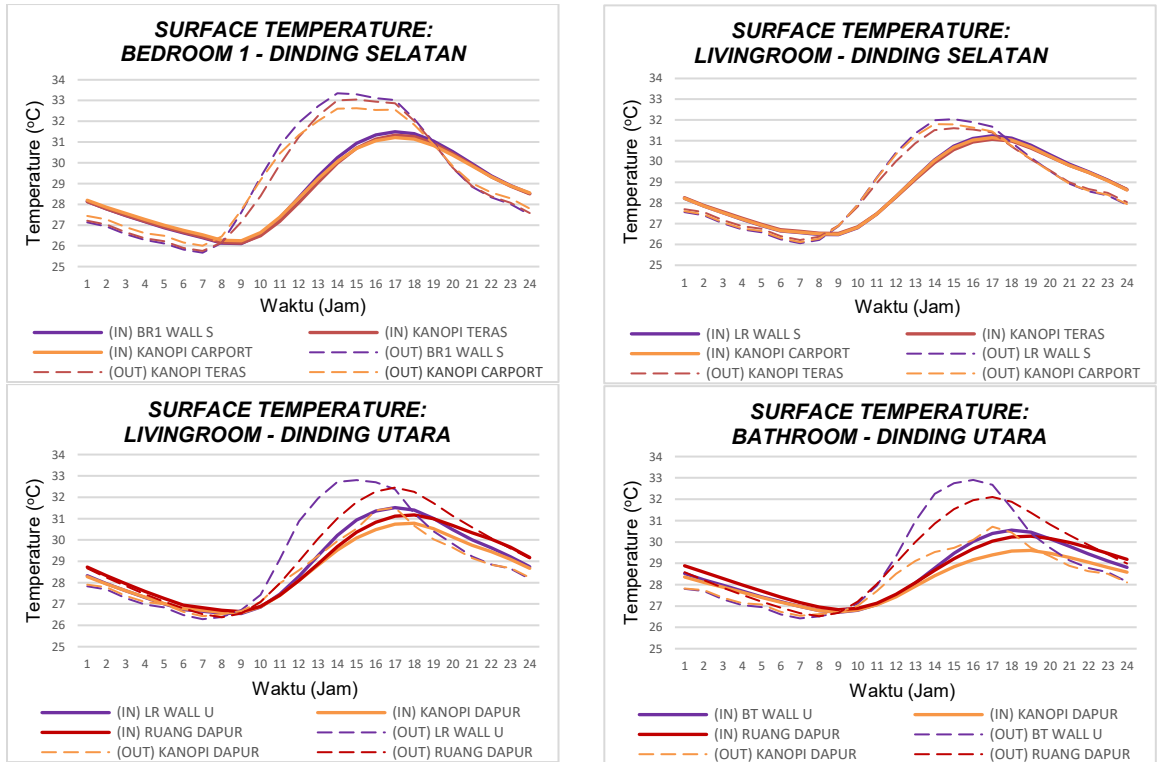
Penambahan lebar ventilasi loteng dapat semakin menurunkan suhu ruang, tetapi cenderung kecil. Karena ventilasi loteng berada di ruang *attic*, dilakukan simulasi *operative temperature* pada ruang tersebut sebagai berikut untuk melihat pengaruhnya.



Gambar 3. Nilai *Operative Temperature* Ruang *Attic* dengan Strategi Ventilasi Loteng
Sumber: (Pribadi, 2025)

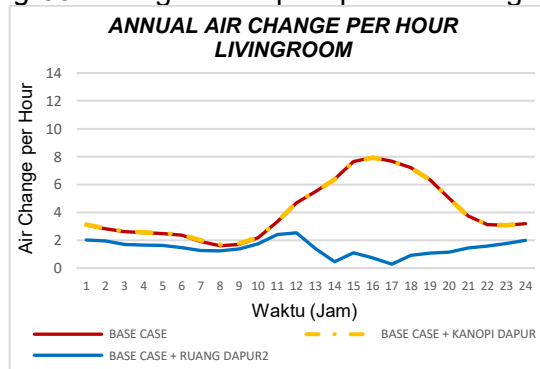
Pada grafik di atas, suhu ruang *attic* kondisi *base case* dapat diturunkan sebanyak $\pm 1,0-2,1^{\circ}\text{C}$ dengan ventilasi lebar 8 cm, sebanyak $\pm 0,2-0,8^{\circ}\text{C}$ dengan ventilasi loteng 16 cm dari kondisi ventilasi lebar 8 cm, dan sebanyak $\pm 0,2-0,6^{\circ}\text{C}$ dengan ventilasi lebar 24 cm dari kondisi ventilasi lebar 16 cm pada jam 11.00-18.00. Penurunan suhu ruang mulai mengecil seiring meluasnya ventilasi loteng. Hal ini disebut sebagai *diminishing point*, yang merujuk pada titik di saat penambahan *input* ke suatu proses menghasilkan peningkatan *output* yang semakin kecil. *Diminishing point* ini disebabkan karena ventilasi alami sangat bergantung pada perbedaan suhu luar dan dalam ruang. Ketika perbedaan suhunya mengecil, efek pendinginan dari laju pertukaran udara akan berkurang. Dengan sering penambahan lebar ventilasi, suhu ruang *attic* akan semakin mendekati suhu udara luar sehingga perbedaan suhu menjadi kecil.

Dengan strategi kanopi, perubahan suhu pada ruang *bedroom* cenderung kecil atau bahkan tidak ada perubahan. Untuk melihat pengaruh penggunaan kanopi lebih lanjut, dilakukan simulasi suhu permukaan (*surface temperature*) pada dinding bagian luar dan dalam di sisi selatan dan utara.



Gambar 4. Nilai *Surface Temperature* Dinding dengan Strategi Kanopi
Sumber: Pribadi, 2025

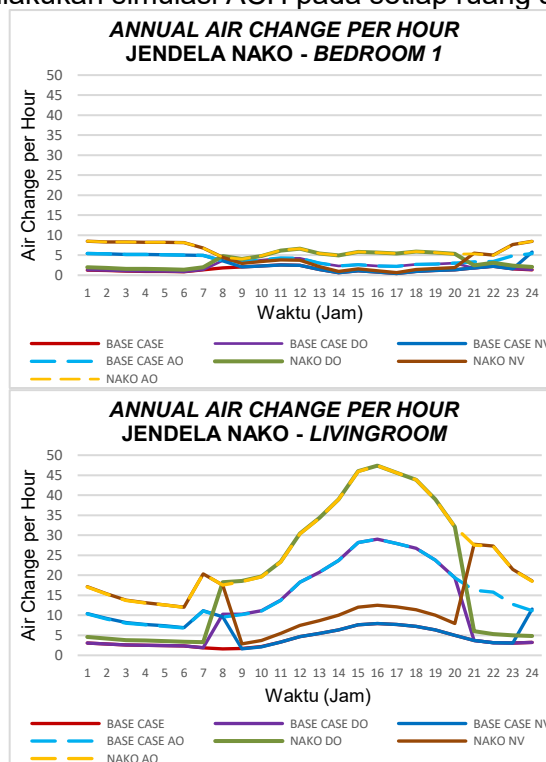
Di sisi selatan, penambahan kanopi *carport* dapat menurunkan suhu permukaan dinding luar *bedroom 1* lebih besar, sedangkan kanopi teras menurunkan suhu permukaan dinding luar *livingroom* lebih besar. Hal ini dikarenakan kanopi *carport* berada di depan ruang *bedroom 1* dan kanopi teras berada di depan ruang *livingroom* yang dapat membayangi dinding tiap ruang secara langsung. Akan tetapi penurunan masing-masing suhu permukaan dinding dalam pada ruang *bedroom 1* dan *livingroom* hanyalah kecil. Di sisi utara, penambahan kanopi dapur dapat menurunkan suhu permukaan dinding dalam *livingroom* dan *bathroom* lebih besar dibanding dengan ruang dapur, meskipun memiliki luas permukaan kanopi (atap untuk ruang dapur) yang sama. Pada ruang *livingroom*, terjadi penurunan nilai *operative temperature* sebesar $\pm 0,07-0,1^{\circ}\text{C}$ pada jam 14.00-17.00 dengan adanya tambahan kanopi dapur. Sedangkan dengan tambahan ruang dapur, terdapat peningkatan suhu ruang *livingroom* sebesar $\pm 0,07-0,1^{\circ}\text{C}$ pada jam 16.00-18.00. Ruang dapur tambahan sendiri memiliki suhu ruang rata-rata tahunan maksimal hingga mencapai 33°C (T_{op} Kitchen, lihat **Tabel 3**). Untuk melihat penyebabnya, dilakukan simulasi *Air Change per Hour* (ACH) pada ruang *livingroom* dengan kanopi dapur dan ruang dapur sebagai berikut.



Gambar 5. Nilai *Air Change per Hour* Ruang *Livingroom* dengan Strategi Kanopi
Sumber: (Pribadi, 2025)

Dapat dilihat dari grafik di atas, ruang *livingroom* dengan kanopi dapur masih dapat memiliki nilai ACH yang sama dengan kondisi *base case*. Sedangkan dengan ruang dapur, nilai ACH lebih rendah dan mulai menurun pada jam 11.00 sampai 21.00 dari kondisi *base case*. Dengan suhu ruang dapur tambahan yang tinggi, udara panas yang berada di ruang tersebut akan berpindah ke ruang *livingroom* yang semula memiliki suhu yang lebih rendah. ACH yang rendah pada kondisi ruang dapur tambahan, juga akan mempersulit udara panas untuk dikeluarkan. Sedangkan dengan kanopi dapur, energi panas tidak terjebak karena ruangan lebih terbuka. Meskipun penurunan suhu ruang cenderung kecil, tetapi dampak penerapan strategi kanopi di bagian utara bangunan dapat lebih terlihat dari pada bagian selatan. Sehingga, penggunaan kanopi akan lebih bermanfaat jika ditempatkan pada sisi bangunan yang lebih banyak menerima radiasi matahari.

Dengan strategi jendela nako, penurunan suhu ruang pada *bedroom 1* cenderung kecil atau bahkan tidak terlihat pada siang sampai sore hari. Sedangkan pada malam hingga pagi hari, skema NV dan AO yang diterapkan pada kondisi *base case* dapat menurunkan suhu ruang *bedroom 1* sebesar $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$, dan pada kondisi penggunaan jendela nako dapat menurunkan suhu ruang *bedroom 1* sebesar $\pm 0,28^{\circ}\text{C}$. Pada ruang *livingroom*, penurunan suhu ruang pada jam 09.00-21.00 dengan jendela nako hanya dapat mencapai $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ dari kondisi *base case* dengan skema yang sama. Penurunan suhu yang signifikan terjadi pada pukul 07.00 dan 22.00 yang merupakan saat penggunaan *rice cooker* dan setrika sedang aktif. Untuk melihat besar udara yang masuk ke ruangan, dilakukan simulasi ACH pada setiap ruang sebagai berikut.



Gambar 6. Nilai *Air Change per Hour* Ruang dengan Strategi Jendela Nako
Sumber: (Pribadi, 2025)

Berdasarkan grafik ACH di atas, penggunaan jendela nako dapat meningkatkan nilai ACH pada ruang. Peningkatan ACH pada ruang *bedroom 1* sebesar 1,6-2 kali lipat dari ACH *base case* pada semua skema. Sama halnya pada ruang *livingroom*, nilai ACH meningkat 1,6-1,7 kali lipat dari ACH *base case* pada semua skema. Dengan demikian, menambah luas bukaan efektif jendela dapat meningkatkan aliran udara yang masuk, dilihat dari peningkatan nilai ACH ruangnya. Berbeda dari ruang *bedroom*

1, ruang *livingroom* cenderung mendapat banyak manfaat dari adanya penggunaan jendela nako. Sepanjang tahun, jumlah *discomfort hours* ruang *livingroom* dapat menurun dari kondisi *base case*. Hal ini disebabkan karena suhu ruang *livingroom* yang cenderung lebih panas dari pada ruang *bedroom* dan juga suhu udara luar. Angin dapat membawa panas keluar lebih besar dari ruang tersebut dengan adanya penambahan luas bukaan efektif. Penggunaan jendela nako dengan skema DO dan AO lebih bermanfaat dalam menurunkan jumlah *discomfort hours* karena dapat menurunkan suhu ruang di siang hari yang biasanya dapat melebihi batas nyaman. Meskipun demikian, dengan perubahan nilai *operative temperature* pada ruang yang cenderung kecil, penggunaan jendela nako dinilai kurang berpengaruh.

Berdasarkan hasil analisis di atas, strategi desain pasif yang direkomendasikan secara khusus untuk rumah subsidi di iklim tropis adalah strategi yang berfokus pada pengurangan energi panas yang diterima oleh atap atau selubung bagian atas bangunan. Hal ini dikarenakan atap menerima panas radiasi matahari paling tinggi di antara selubung bangunan yang lain. Rumah subsidi berderet yang hanya berlantai satu menyebabkan luas permukaan dinding yang terekspos ke luar lebih kecil dari pada luas permukaan atap. Strategi *cool roof* dan insulasi berperan langsung dalam mengurangi energi panas yang diterima atap, sehingga signifikan dalam menurunkan suhu dalam ruang rumah subsidi.

5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dan mengidentifikasi strategi desain pasif yang dapat meningkatkan kenyamanan termal pada rumah subsidi. Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, terdapat strategi desain pasif yang memiliki dampak signifikan dan tidak signifikan terhadap suhu dalam ruang. Strategi desain pasif yang paling berpengaruh pada kenyamanan termal rumah subsidi di iklim tropis adalah yang berfokus pada pengendalian panas yang berasal dari atap atau selubung bagian atas bangunan seperti penggunaan *cool roof* dan insulasi. Pemilihan material cukup penting dalam menentukan suhu dalam ruang, tetapi pengaruh perbedaan material baik pada atap maupun dinding terhadap nilai *operative temperature* terbilang cenderung kecil. Mengurangi suhu ruang *attic* dengan ventilasi loteng dapat menurunkan suhu ruang fungsional, tetapi hanya $\pm 0,30-0,48^{\circ}\text{C}$ dari kondisi *base case*. Penggunaan strategi yang memanfaatkan ventilasi alami seperti jendela nako dapat digunakan sebagai pelengkap namun tidak diutamakan karena pengaruhnya terhadap suhu ruang cenderung kecil. Temuan ini dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan rumah subsidi maupun renovasi secara mandiri. Keterbatasan penelitian ini terletak pada orientasi bangunan yang dianalisis, yang hanya difokuskan pada arah selatan. Pengujian strategi desain pasif dilakukan secara individual pada kondisi *base case*, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian simulasi dengan kombinasi beberapa strategi desain pasif dan variasi orientasi pada rumah subsidi.

Daftar Pustaka

- Aderinsola, A. M., Dare-abel, O., & Ajayi, O. O. (2025). *Evaluating Thermal Comfort Standards of Residential Housing in Tropical Climates: A Systematic Review*. 08(4), 341–354.
- Asharul Falah, M. W. (2020). *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Perumahan Dan Rumah Berbasis Website* [Politeknik Negeri Jember]. <https://sipora.polije.ac.id/id/eprint/32463>
- ASHRAE. (2013). *ANSI/ASHRAE Standard 55-2013: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE. <https://books.google.co.id/books?id=AGxFjwEACAAJ>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2020-2050, Hasil Sensus Penduduk 2020*. BPS-Statistic Indoensia.
- Bambang, R. R., & Sari, Y. (2021). Penerapan Konsep Arsitektur Tropis Pada Bangunan Pendidikan “Studi Kasus Menara Phinisi UNM.” *Journal of Architectural Design and*

- Development (JAD)*, 02(01), 20–31. <https://doi.org/10.37253/jad.v2i1.4341>
- Donthu, E. V. S. K. K., Long, Y. P., Wan, M. P., Zhou, M., & Ng, B. F. (2024). Dynamics of cool surface performance on urban microclimate: A full-scale experimental study in Singapore. *Sustainable Cities and Society*, 102(August 2023), 105218. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105218>
- Fahim, O., Belouaggadia, N., Taqi, M., & Abid, C. (2018). Cooling of a dwelling by nocturnal radiation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 353(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/353/1/012007>
- Fidianti, F. N. (2023). *Tingkat Kepuasan Penghuni Rumah Bersubsidi Di Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros (Studi Kasus: Perumahan Bumi Findaria Mas 1)= Tingkat Kepuasan Penghuni Rumah Bersubsidi Di Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros (Studi Kasus: Perumahan Bumi Findaria Mas.*
- Groat, L. N., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. Wiley. https://books.google.co.id/books?id=21Uz_E0HNR4C
- Handayani, K. N., Murtyas, S., Wijayanta, A. T., & Hagishima, A. (2024). Thermal Comfort Challenges in Home-Based Enterprises: A Field Study from Surakarta's Urban Low-Cost Housing in a Tropical Climate. *Sustainability (Switzerland)*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166838>
- Hashemi, A. (2017). Effects of thermal insulation on thermal comfort in low-income tropical housing. *Energy Procedia*, 134(October), 815–824. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.535>
- Johra, H. (2019). *Thermophysical Properties of Building Materials: Lecture Notes*. <http://dx.doi.org/10.54337/aau320198630>
- Muri, I. S. P., & Hariyadi, A. (2024). *Thermal Performance: Influence of Material and Inclination Angle on Vaulted Roofs in Tropical Climate*. 8(3), 240–244.
- Olewi, M. Q., & Mohamed, M. F. (2023). The Impacts of Passive Design Strategies on Building Indoor Temperature in Tropical Climate. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 31(1), 83–108. <https://doi.org/10.47836/pjst.31.1.06>
- Ozer, S., & Jacoby, S. (2022). The design of subsidized housing: towards an interdisciplinary and cross-national research agenda. *Housing Studies*, 39(1), 297–322. <https://doi.org/10.1080/02673037.2022.2045005>
- Salleh, S. F., Suleiman, A. A., Daud, H., Othman, M., Sokkalingam, R., & Wagner, K. (2023). Tropically Adapted Passive Building: A Descriptive-Analytical Approach Using Multiple Linear Regression and Probability Models to Predict Indoor Temperature. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813647>
- Soewarno, A. A. (2024). Kinerja Lingkungan Rumah Subsidi di Indonesia (Studi Kasus Perumahan Kaba Residence Kendari). In *Jurnal Ilmu Teknik* | (Vol. 2, Issue 1). Mei. <https://jurnal.unusultra.ac.id/index.php/juitek/index>
- Tan, N., Suwarlan, S. A., Aguspriyanti, C. D., Arsitektur, P. S., & Batam, U. I. (2023). PENINGKATAN KENYAMANAN TERMAL SEKOLAH DI IKLIM TROPIS PESISIR MELALUI KONSEP BIOCLIMATIC ARCHITECTURE. *Journal of Architectural Design and Development (JAD)*, 04(02), 146–156. <https://doi.org/10.37253/jad.v4i2.8566>