

**PENGGUNAAN MATERIAL ATAP TERHADAP BEBAN PANAS PADA HUNIAN DI
PERUMAHAN SEDERHANA
DI KOTA MANADO**

Michael Meidy Dien¹⁾, Jeffrey I Kindangen²⁾, Cynthia EV.Wuisang²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Arsitektur Pascasarjana Unsrat

²⁾ Staf Pengajar Program Studi Arsitektur Pascasarjana Unsrat

Abstrak

Tulisan ini menjelaskan tentang pemilihan material dan tipe konstruksi atap sebagai upaya mengurangi beban panas internal hunian. Merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksplanatori, fokus penelitian pada panas eksternal, beban panas internal, serta material dan tipe konstruksi atap. Bertujuan mengetahui proses perpindahan panas, penyebab panas internal terbesar serta jenis material dan tipe konstruksi atap yang optimal yang dapat berperan signifikan dalam menurunkan beban panas internal. Penelitian dilakukan di Perumahan Buha Griya Permai Manado, dengan menghitung beban panas internal hunian eksisting, menganalisa material dan tipe konstruksi atap, kemudian memperbaiki tipe konstruksi atap untuk menurunkan beban panas internal. Hasil penelitian menunjukkan, beban panas internal terbesar berasal dari panas yang masuk melalui atap dengan nilai transmittan tipe konstruksi yang besar, tidak adanya aliran angin dalam ruang, dan kelembaban udara tinggi. Pada kondisi obyek studi, pengurangan beban panas internal dilakukan dengan memberi penambahan insulasi panas jenis *Aluminium Foil Bubble* pada atap dan plafon, harganya relatif murah, tetapi penggunaannya sudah dapat memenuhi kebutuhan dalam mengurangi nilai transmittan atap sekitar 47% dan mengurangi beban panas internal sebanyak 24%. Penelitian ini bermanfaat mendapat cara mengurangi panas dalam bangunan dengan perbaikan tipe konstruksi atap yang minimal.

Kata kunci : Beban Panas, Insulasi Panas Atap, Nilai Transmittan, ,

Abstract

This paper describes the selection of materials and types of roof construction in an effort to reduce the internal heat load of occupancy. This research is a quantitative study, with explanatory research methods and focus research on external heat sources coming through the roof as the main cause of internal heat load and optimally the selection and use of materials and types of roof construction. The purpose of this study is to know the process of heat transfer and the biggest cause of heat in occupancy and know the type of material and optimal types of roof construction that can play a significant role in lowering internal heat loads. The research was conducted at Buha Griya Permai Manado Housing, by calculating the internal heat load of existing dwellings, material analysis and type of roof construction, then improve the type of roof construction to lower the internal heat load of the dwelling. The results showed that the largest internal heat load come from heat entering through the roof with a high transmittance value of the construction type, absence of wind flow that can remove heat in the room, and high air humidity.

In the condition of the object of study, Internal heat load reduction can be done by adding heat insulation type Aluminum Foil Bubble on the roof and ceiling the use of heat insulation, the price is relatively cheap, but its use has been able to meet the need to reduce the transmittance value of the roof by about 47%. And reduce internal heat load by as much as 24%. The benefit of this research finds a way to reduce heat in buildings with minimal repair of roof construction types

Keywords : Heat Load, Roof Heat Insulation, Transmittance Value.

A. PENDAHULUAN

Keterbatasan lahan kota, berakibat lahan untuk tempat tinggal semakin sempit, selain itu pola hidup yang menuntut kecepatan dan

kepraktisan membuat masyarakat cenderung memilih dan membeli rumah jadi yang dibuat oleh Pengembang Perumahan dengan fisik bangunan yang sudah tersedia terutama untuk Perumahan Sederhana.

Perumahan Sederhana, karena harganya yang relatif murah, para Pengembang menawarkan hunian dengan spesifikasi material yang relatif murah. Hunian di Perumahan Sederhana luas bangunan 36 m² dan lahan paling luas 120m², menggunakan material dasar batako berlubang (*hollow brick*) untuk dinding dan Seng BJLS gelombang 0.20 mm untuk atap bangunan. Spesifikasi material selubung bangunan demikian membuat panas yang masuk ke dalam bangunan menjadi besar karena nilai perpindahan panas (nilai transmittan, *U-Value*) tipe konstruksi ini besar.

Pengembangan hunian di Perumahan Sederhana yang berlahan sempit dan padat, cenderung memanfaatkan lahan sampai batas persil yang ada, mengakibatkan tidak semua hunian dapat memanfaatkan sistem penghawaan alami, kadang sistem penghawaan buatan dipilih untuk mengatasi masalah kenyamanan termal. Penggunaan sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning, AC*) memang banyak keuntungan, namun jika beban panas dalam ruang besar, biaya operasional jadi besar dan boros energi. Kondisi ini membuat pentingnya upaya dalam merencanakan penggunaan material dan tipe konstruksi atap yang tepat guna pengurangan panas yang masuk hunian sehingga menjadi sejuk, dan bila menggunakan AC pun tidak terlalu boros energi.

Tujuan Penelitian untuk mengetahui proses perpindahan panas dan penyebab panas terbesar dalam hunian di Perumahan diperkotaan yang beriklim tropis lembab dan mengetahui jenis material dan tipe konstruksi atap yang optimal yang dapat berperan signifikan dalam menurunkan beban panas dalam hunian di Perumahan Sederhana diperkotaan yang beriklim tropis lembab.

Manfaat Penelitian yaitu mendapat cara mengurangi beban panas eksternal yang masuk ke dalam bangunan melalui atap dan menjadi beban panas internal, mendapat cara mengurangi panas dalam bangunan dengan perbaikan tipe konstruksi atap yang minimal. Selain itu, turut berpartisipasi dalam program penghematan energi terutama energi listrik dan dapat dijadikan sebagai bahan kajian untuk penelitian selanjutnya

Hipotesis

Penyebab beban panas terbesar pada hunian di Perumahan diperkotaan yang beriklim tropis lembab, disebabkan oleh panas yang masuk ke dalam bangunan melalui atap. Pengurangan beban panas dapat dilakukan dengan

penggunaan material dan tipe konstruksi atap yang memiliki nilai transmittan yang kecil.

B. KAJIAN PUSTAKA

Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal merupakan suatu perasaan kepuasan akan kondisi udara yang ada disekitar tubuh seseorang, sedangkan perasaan nyaman terhadap termal setiap orang berbeda. Untuk memudahkan persepsi tentang kenyamanan termal maka ditetapkan zona nyaman. Zona nyaman (*Comfort Zone*) adalah daerah *bioclimatic chart* yang menunjukkan kondisi komposisi udara yang nyaman secara termal. Kenyamanan termal tidak dapat diwakili oleh satu angka tunggal karena kenyamanan tersebut adalah perpaduan dari berbagai unsur seperti suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, pakaian yang dikenakan, dan aktivitas. Sebagai pedoman dasar, kenyamanan termal untuk daerah tropis lembab dapat dicapai dengan batas $24^{\circ}\text{C} < T < 26^{\circ}\text{C}$, $40\% < \text{RH} < 60\%$, $0,6\text{m/s} < V < 1,5\text{ m/s}$, dengan kategori pakaian ringan dan selapis, dan kegiatan santai tenang. Pada iklim tropis lembab yang suhu rata-ratanya cukup tinggi antara 27°C hingga 32°C , suhu 24°C sudah terasa sejuk (Satwiko, 2009:8).

Standar kenyamanan termal di Indonesia hingga saat ini masih mengikuti Standar Kenyamanan Termal berdasarkan pada SNI 03-6572-2001 dengan Temperatur Efektif (TE) adalah sbb:

- Sejuk - Nyaman (TE) = $20.5^{\circ}\text{C} - 22.8^{\circ}\text{C}$
- Nyaman Optimal (TE) = $22.8^{\circ}\text{C} - 25.8^{\circ}\text{C}$
- Hangat - Nyaman (TE) = $25.8^{\circ}\text{C} - 27.2^{\circ}\text{C}$

Beban Panas Eksternal

Beban panas eksternal (*external cooling load*) adalah beban panas yang disebabkan oleh panas dari luar yang masuk ke dalam bangunan. Pertambahan panas yang diperoleh kebanyakan berasal dari panas matahari yang masuk melalui selubung bangunan, partisi, dan ventilasi, serta infiltrasi. Kenaikan suhu dalam ruang mengakibatkan ruangan menjadi tidak nyaman secara termal.

Faktor Yang Mempengaruhi Beban Panas Eksternal

Panas yang berasal dari Matahari (*Solar Heat Gain*). Memiliki pengaruh yang langsung berdampak pada daerah permukaan yang terkena radiasi matahari dan dapat berpindah melalui berbagai bahan yang digunakan pada konstruksi

bangunan. Jumlah panas yang diterima permukaan bumi tergantung pada sudut jatuh sinar matahari, keadaan cuaca di atmosfer, dan lama waktu penyinaran.

Proses Perpindahan Panas

Perpindahan panas dalam bangunan (*heat transfer*) adalah proses perpindahan energi antara dua daerah karena perbedaan suhu (Bradshaw, 1993:48).

Perpindahan panas selalu terjadi dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah.

Selama ada perbedaan suhu, terjadi kecenderungan dimana panas akan mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah dengan suhu lebih rendah, sehingga mengurangi suhu di daerah sebelumnya dan menaikkan suhu di daerah sesudahnya.

Perhitungan Panas Yang Masuk Dalam Bangunan

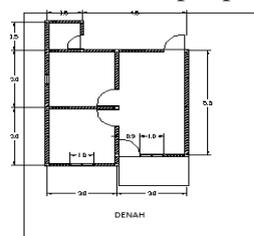
Besarnya perpindahan panas ditentukan juga oleh sifat bahan yang digunakan. Sifat bahan (material properties) yaitu sifat fisik khas suatu bahan. Beberapa sifat bahan yang khas dalam perpindahan panas (Frick,dkk, 2008:39) yaitu : Konduktivitas (*conductivity,k*), Resistivitas (*resistivity*) , konduktan permukaan (*air film conductance, f*), nilai Transmittan (*transmittance*), dan absorpsi permukaan (α)

C. METODOLOGI PENELITIAN



Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksplanatori yang menurut Sugiono (2012) merupakan suatu penelitian

yang menjelaskan kedudukan variabel-variabel yang diteliti serta hubungan antara satu variabel dengan yang lain. Pengetahuan tentang materi awal sudah ada, Secara lebih lanjut penulis mengembangkannya dengan melakukan suatu simulasi berupa perhitungan-perhitungan yang



bersifat analisis matematis. Fokus penelitian pada sumber panas eksternal, penyebab panas internal terbesar, serta material dan tipe konstruksi atap. Sedangkan sumber panas internal hunian seperti manusia, peralatan, dan penerangan dianggap konstan.

Tujuan dari penelitian adalah mengetahui proses perpindahan panas dan penyebab panas terbesar dalam hunian di Perumahan Sederhana diperkotaan yang beriklim tropis lembab serta mengetahui jenis material dan tipe konstruksi atap yang optimal dalam menurunkan beban panas internal. Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka penelitian dilakukan dengan tahapan:

- Tahap 1 : Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang mencakup semua yang berhubungan dengan panas eksternal, proses perpindahan panas, perhitungan panas yang masuk ke dalam bangunan, material, dan tipe konstruksi atap baik dari buku-buku teks, jurnal penelitian sejenis sebelumnya, proseding, dan sumber- sumber dari internet.
- Tahap 2 : Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data tentang material dan dilakukan analisa untuk mengetahui proses perpindahan panas dan penyebab panas terbesar dalam hunian di Perumahan Sederhana diperkotaan yang beriklim tropis lembab, jenis material dan tipe konstruksi atap yang optimal yang dapat berperan signifikan dalam menurunkan beban panas dalam hunian di Perumahan Sederhana diperkotaan yang beriklim tropis lembab. Dilakukan penggambaran-penggambaran yang dibutuhkan.
- Tahap 3: Pada tahap ini merampungkan penulisan laporan akhir penelitian .dan menyelesaikan penulisan jurnal penelitian.



Penelitian dilakukan di Perumahan Buha Griya Permai Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado.

Gambar 1. Perumahan Buha Griya Permai, Mapanget, Manado

Hunian di Perumahan Buha Griya Permai adalah hunian dengan Tipe Rumah Sangat Sederhana Luas Lantai 36 m² dan Luas Lahan pada pengembangan tahap I adalah 10m x 12m = 120



Gambar 2. Rumah Tipe 36 di Perumahan Buha Griya Permai

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu mengetahui proses perpindahan panas dan penyebab panas terbesar dalam hunian serta variabel-variabel penelitian yang saling berhubungan sebagai konsep-konsep teoritis berdasarkan kajian pustaka, maka variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beban panas eksternal
2. Perhitungan panas yang masuk dalam bangunan
3. Analisis material dan tipe konstruksi atap

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan identifikasi data yang akan digunakan dalam proses penelitian dibagi dalam data primer dan sekunder.

Data Primer adalah data utama yang digunakan dalam pembahasan yaitu :

1. Studi Literatur untuk mendapatkan dasar-dasar teori dalam melakukan analisis berasal dari buku teks, jurnal, dan data lain dari internet.
2. Data Material. Sifat-sifat material yang ada, nilai Konduktivitas, nilai Resistan, ketebalan, dan lain-lain
3. Data Lapangan untuk mendapatkan data fisik hunian

Data sekunder adalah data yang digunakan sebagai standar dan pedoman dalam analisis :

Peralatan dan Pengukuran

1. Komputer dan program yang digunakan dalam pengolahan data dan analisa juga penggambaran. Program MS Word, MS Excel, Power Point, Auto Cad
2. Pengukuran kenyamanan termal ruang dalam menggunakan program *Diagram Psikrometri The PsychTools*
3. Data suhu dan kelembaban dengan menggunakan *Thermohygrometer*.
4. Pengukuran matematis
 - 1) Perhitungan nilai transmittan dihitung dengan persamaan $U = 1/\text{nilai } R$
 - 2) Perhitungan beban panas dalam bangunan
 - a. Panas yang masuk melalui dinding dan kaca

$$Q_{C_{dinding}} = (A_{dinding} \cdot U_{dinding} \cdot \Delta T_{dinding}) + (A_{kaca} \cdot U_{kaca} \cdot \Delta T_{kaca})$$
 - b. Panas matahari yang menembus kaca

$$Q_s = A \cdot SHGF \cdot SC$$

c. panas melalui atap

$$Q_{C_{atap}} = A_{atap} \cdot U_{atap} \cdot \Delta T$$

$$d. OTTV = \frac{\alpha [U_w \times (1 - WWR) \times TD_{Ek}] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF)}{A_0}$$

$$RTTV = \frac{\alpha [A_f \times U_f \times TD_{Ek}] + (A_f \times U_f \times \Delta T) + (A_f \times SC \times SF)}{A_0}$$

e. RTTV :

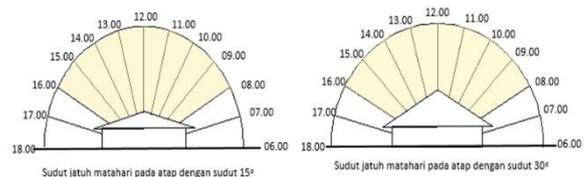
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Panas Eksternal

Banyaknya panas yang sampai pada bangunan tergantung letak bangunan pada posisi geografis suatu daerah.

Obyek yang diteliti adalah hunian di Perumahan Buha Griya Permai, Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado. Letak Geografis (Latitude) adalah 124° 40' 55" - 124° 55' 54" BT dan 1° 25' 43" - 1° 38' 56" LU. Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa sinar matahari yang mengenai atap bangunan berada pada jam 08.00 sampai 16.00. Selain itu keadaan cuaca juga akan mempengaruhi banyaknya panas matahari pada bangunan, semakin cerah cuaca panas yang diterima pun semakin besar.

Gambar 3. Sinar matahari yang mengenai bangunan dengan kemiringan atap 15° dan 30°



Sumber: Peneliti, 2021

Proses Perpindahan Panas

Perpindahan panas pada bangunan terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas dari luar masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan yaitu dinding dan atap menjadi beban panas sensibel dalam bangunan dan menyebabkan kenaikan suhu dalam bangunan. Apabila suhu dalam bangunan tinggi, kelembaban udara tinggi, dan tidak ada sistem penghawaan alami yang baik untuk mendinginkan ruangan, dapat menyebabkan kenyamanan termal dalam ruang menjadi tidak *comfortable*.

Pengembangan Hunian Terhadap Perpindahan Panas ke Dalam Bangunan



Gambar 4. Hunian yang diteliti (Rumah dengan bentuk asli)
Sumber: Peneliti, 2021

Dengan luas lahan yang sempit, pengembangan hunian dilakukan dengan memperluas bagian bangunan sampai pada batas persil lahan. Area bangunan yang berhubungan dengan ruang luar hanya sisi depan saja sehingga sistem penghawaan alami agak sulit diterapkan.

Kenyamanan Termal Hunian

Pengukurun suhu dan kelembaban dilakukan dengan menggunakan *thermohigrometer* pada bulan Juni. Kecepatan angin rata-rata kurang terasa berdasarkan pada respon tubuh manusia terhadap penetrasi angin sekitar 0.25 m/s (Szokolay,1980). Metabolisme tubuh 1.0 met aktivitas duduk tenang, membaca. Pakaian celana pendek, baju lengan pendek 0.36 clo. Pengukuran dengan menggunakan Diagram psikrometri didapat suhu efektif 26,6°C. berdasar Standar Kenyamanan Termal SNI 03-6572-2001 masuk kategori Hangat-Nyaman, tidak masuk dalam Standar Kenyamanan Termal daerah tropis lembab menurut Sawiko,2009 . Dengan demikian rumah tersebut masuk dalam kategori KURANG NYAMAN secara termal.

Perhitungan beban panas

Ukuran ruang panjang 5,5m, lebar 3m dan tinggi 3m. Dinding dari batako berlubang setebal 10 cm dipleser kedua sisinya nilai transmittan $U=3,284 \text{ W/m}^2\text{K}$ dicat warna putih. Absorpsi batako berlubang = 0,86 absorpsi cat putih 0,30. Luas Dinding Barat Daya = $7,88\text{m}^2$ Luas Dinding Tenggara = $14,3\text{m}^2$ Kaca bening tebal 3mm lebar 0,8m tinggi 1,40m (sisi barat daya) nilai transmittan $U = 5,769 \text{ W/m}^2\text{K}$. Luas kaca = $1,12 \text{ m}^2$ Ruang-ruang yang berbatasan dengan ruang tersebut juga dikondisikan hingga suhu 24 °C. Penutup atap dari seng gelombang BJLS tebal 0,2 mm. Plafon dari tripleks tebal 3mm. Nilai transmittan $U = 3,367 \text{ W/m}^2\text{K}$ Luas bidang atap ruang yang diukur $3,35 \times 5,5 = 18,44\text{m}^2$.

Total beban panas yang masuk melalui dinding dan atap adalah $768\text{W} + 798,45\text{W} = 1566,45\text{W}$

Material dan Tipe Konstruksi Atap

Pengurangan beban panas dalam ruangan dapat dilakukan dengan penggunaan material yang memiliki nilai konduktivitas yang kecil, nilai resitan yang besar, dan tipe konstruksi yang menghasilkan nilai perpindahan panas atau nilai transmittan (U-Value) yang kecil.

Penutup atap

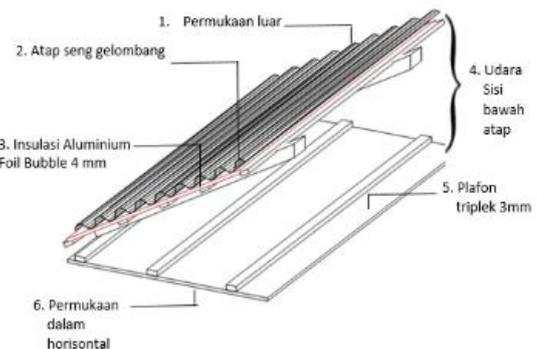
Perpaduan beberapa jenis bahan yang sesuai dan tepat akan menghasilkan bangunan yang sejuk.

Plafon

Penggunaan plafon harus memperhatikan fungsinya sebagai penahan panas sehingga perlu diketahui nilai konduktivitas dan ketebalannya sehingga dapat diketahui nilai resistannya dan dapat dipadukan dengan penutup atap untuk menghasilkan nilai transmittan yang kecil.

Insulasi Panas Atap

Mengurangi masuknya panas ke dalam



bangunan melalui atap sebaiknya digunakan juga insulasi panas atap, berfungsi untuk meredakan suhu panas dari atap rumah sehingga membuat ruangan dibawahnya menjadi lebih sejuk.

Insulasi panas memiliki jenis dan bahan yang berbeda. Tiap jenis insulasi juga difungsikan untuk jenis atap yang berbeda, dan disesuaikan dengan jenis yang digunakan.

Pada tipe konstruksi yang menggunakan penutup atap Seng Gelombang BJLS dengan tebal 0,2 mm yang menggunakan plafon lambersering memiliki nilai Transmittan paling rendah yaitu $2,788 \text{ Wm}^2\text{K}$ dibandingkan dengan yang menggunakan plafon gybsum board dan triplek. Nilai Transmittan ini bisa berubah dengan mengganti ketebalan material.

Pada hunian yang diteliti yang menggunakan atap seng gelombang BJLS 0,2 mm dan plafon triplek 3mm upaya pengurangan panas yang paling hemat biaya dapat dilakukan

dengan penambahan insulasi panas *Aluminium Foil Bubble*. Insulasi ini adalah insulasi yang paling murah dan banyak dijual dipasaran, meskipun nilai resistansinya lebih kecil dibanding dengan insulasi *Glasswool* apalagi insulasi *Polyurethane Foam*, namun untuk kondisi yang ada, insulasi ini sudah dapat dijadikan sebagai pilihan untuk insulasi peredam panas karena dengan menambahkan insulasi tersebut pada atap dan plafon dapat mengurangi nilai Transmittan dari hunian dari 3,367 W/mK menjadi 1,774 W/mK.

Dari perhitungan didapat setelah penggunaan insulasi panas terjadi pengurangan nilai transmittan konstruksi atap sekitar 47% dan pengurangan beban panas yang masuk melalui dinding dan atap sebesar 24%. Jadi untuk menurunkan beban panas yang masuk pada obyek studi pada hunian di Perumahan Sederhana tipe 36 m² dengan spesifikasi material dinding batako berlubang tebal 10 cm, kaca bening 3 mm, penutup atap seng gelombang BJLS 0,2mm, plafon triplek 3 mm dapat ditambahkan pemasangan insulasi panas *Aluminium Foil Bubble Insulation* pada atap dan plafon. Cara ini efektif diterapkan dengan perbaikan yang sedikit dan murah sudah mencukupi kebutuhan akan kenyamanan termal hunian.

Gambar 5. Tipe konstruksi atap seng gelombang 0,2mm, Insulasi *Aluminium Foil Bubble* 4 mm, plafon triplek 3mm

Tabel Nilai Transmittan tipe konstruksi atap seng gelombang 0,2mm, Insulasi *Aluminium Foil Bubble* 4 mm, plafon triplek 3mm

Nilai OTTV dan RTTV sesudah menggunakan insulasi *Aluminium Foil Bubble* pada atap dan plafon:

$$\text{OTTV Barat Daya} = 42,71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ adalah } > 35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{OTTV Tenggara} = 14,778 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ adalah } < 35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{RTTV Atap} = 35,34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ adalah } > 35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{RTTV mendekati } 35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Perpindahan panas eksternal pada hunian di

Perumahan Sederhana terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi karena perbedaan suhu. Banyaknya beban panas dalam bangunan disebabkan oleh panas masuk ke dalam bangunan melalui dinding dan atap dengan nilai transmittan tipe konstruksi yang tinggi, tidak ada aliran angin yang dapat menghapus panas dalam ruang, dan kelembaban udara yang tinggi. Dari hasil perhitungan didapat bahwa panas terbesar masuk ke dalam hunian melalui atap.

Pengurangan panas secara signifikan dapat dilakukan dengan penggunaan insulasi panas pada konstruksi atap, dan untuk kondisi pada obyek studi pengurangan panas dapat dilakukan dengan memberi penambahan insulasi panas jenis *Aluminium Foil Bubble* pada atap dan plafon, harganya relatif murah, tetapi penggunaannya sudah dapat memenuhi kebutuhan dalam mengurangi nilai transmittan atap sekitar 47% dan mengurangi beban panas dalam ruang (panas internal) sebanyak 24%.

DAFTAR PUSTAKA

Bradshaw V.1993. *Building Control System, Second Edition.* John Wiley & Sons, Inc. New York. 599 hal

Brown G.Z. 1987. *Matahari, Angin, dan Cahaya.* Intermatra. Bandung. 159 hal

Creswell, John W. 2014. *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed.* Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 383 hal

Frick, Arsdianto, dan Darmawan. 2008. *Ilmu*

Atap Seng dengan Insulasi aluminium foil bubble	d	k	R = d/k	U = 1/R	Pemerapan
	m	W/mK	m ² KW	Wm ² K	α
1. Permukaan luar			0,018		
2. Seng gelombang BJLS 0,2 mm	0,0002	110,0	0,000002		0,83
3. Insulasi aluminium foil bubble 4mm	0,004	0,03	0,1333333		
4. Udara bawah atap			0,105		
5. Plafon triplek 3mm	0,003	0,12	0,025		
6. Permukaan dalam			0,149		
			0,430	2,324	

Fisika Bangunan. Kanisius. Yogyakarta. 198 hal

Kindangen J.I. 2017. *Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab..* Deepublish. Yogyakarta. 210 hal

Lippsmeier.G.1994. *Bangunan Tropis.* Erlangga. Jakarta. 196 hal

Satwiko. 2009. *Fisika Bangunan.* Andi. Yogyakarta

Sugiyono, 2012. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung. 372 hal

Szokolay S.V. 1980. *Environmental Science handbook for Architect and Builders*. The Constraction Press. New York. 532 hal

Jurnal

Budhyowati, dkk. 2016. Analisis Faktor-faktor Yang mempengaruhi Beban penyejukan pada Bangunan yang Menggunakan Sistem Pengkondisian Udara. Daeng. Ejournal.unsrat.ac.id
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/13505>

Kaharu A, Kindangen J.I. 2017. Analisis Kenyamanan Termal pada Rumah di Atas Pantai Tropis Lembab “ Studi kasus Rumah Atas Pantai Desa Kima Bajo, Kabupaten Minahasa Utara”. Jurnal Arsitektur Daseng. Juni 2017. Jilid 6, Terbitan 1, Hal. 152-159. Sam Ratulangi University.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/15048>

Kindangen J.I, dkk. 2018. *Experimental Analisis of Cooling performace of Spraying Water Automaticallu on the Galvanized Zinc-Roof*. International Journal of Engineering and Technology (IJET). 10(2):414-422. April 2018. ISSN (Print):2319-8613. ISSN(Online):0975-4024.
https://www.researchgate.net/publication/324945132_Experimental_Analysis_of_Cooling_Performance_of_Spraying_Water_Automatically_on_the_Galvanized_Zinc-Roofs

Kindangen J.I. 2017. Investigation of Thermal Environments in Humid tropical Classroom in Indonesia. Journal of Engineering and Architecture, [Http://jea-net.com](http://jea-net.com), Juni 2017, Jilid 5, Terbitan 1, Hal 1-14
<http://dx.doi.org/10.15640/jea.v5n1a1>.

Lestari, dkk. 2014. Kajian Arsitektur Hemat Energi Secara pasif pada Perumahan di Malang. Jurnal Spectra, XII(23)
<http://eprints.itn.ac.id/3212/>

Nur'Aini, dkk. 2017. Aplikasi green Roof pada Bangunan Marina Barrage Singapore. .

Jurnal umj.ac.id/index.php/semnastek. ARS-005
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/2032>

Rauf E.R. Sangkertadi. 2013. Desain Rusunawa dengan Konsep Bangunan Hemat Energi di Manado. Jurnal Arsitektur Daseng, Jilid 2, terbitan 3, September 2013, Halaman 1-12
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/2573>

Putritama, dkk. 2018. Pengaruh green Roof terhadap Kenyamanan Termal Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia. Arsitektur student journal.ub.ac.id
<http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/510>

Talarosha. 2005 Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan. Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6. No. 3 juli 2005
https://www.researchgate.net/publication/42362832_Menciptakan_Kenyamanan_Termal_Dalam_Bangunan

Yuliani, dkk. 2018. Pengaruh kinerja Termal pada Permukaan Atap terhadap Efisiensi Energi Bangunan Tinggi di Daerah Tropis. Arsitektura vol 16 no 1 2018, hal 129-138
https://www.researchgate.net/publication/332390596_THE_IMPACT_OF_THERMAL_PERFORMANCE_ON_THE_ROOF_SURFACE_TO_ENERGY_EFFICIENT_OF_HIGH-RISE_BUILDING_IN_THE_TROPICAL_REGION

Prosiding

Kindangen J.I, Umboh M.K. 2017. Design of evaporative-Cooling Roof for Decreasing Air Temperature in Buildings in the Humid Tropics. AIP Conference Proceedings, 9 Maret 2017, jilid 1818. Terbitan 1, Hal 020023. AIP Publishing LLC
<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4976887>

Mufida, dkk. 2016. Peredam Panas Pada Atap Aluminium dengan menggunakan Spons Air. Prosiding Seminar Fisika (

Website

Perpindahan panas melalui kaca dan dinding masif <http://www.eee.hku.hk>

Insulasi panas atap

<https://www.99.co.id/panduan/peredam-panas-atap-rumah>

Peraturan dan Standar Nasional Indonesia

SNI 03-6572-2001 Badan Standarisasi Nasional. 2001.

Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung

SNI 03-6390-2011 Badan Standarisasi Nasional. 2011.

Tentang konservasi Energi sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung

SNI 3689 : 2011 Badan Standarisasi Nasional. 2011.

Tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012.

Tentang Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung Indonesia

Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta

Peraturan Menteri PU dan Perumahan Rakyat no.2/PRT/M/015 Tentang Bangunan Gedung Hijau.