



Efektifitas Penggunaan Plafon sebagai Pendingin Ruang Dalam

M.Y.Noorwahyu Budhyowati ¹, Rilya Rumbayan ², Imran Musanif ³, Beldie A. Tombeg ⁴,
Febriane P. Makalew ⁵

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Tondano¹

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado^{2,4,5}

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Manado³

E-mail: rilya.rumbayan@sipil.polimdo.ac.id

Abstrak

Bahan plafon sangat berperan dalam proses penghambatan pengaliran panas ke dalam ruang sehingga proses pendinginan sendiri (self cooling) dalam ruang dapat terjadi. Masalahnya, bagaimana cara memilih bahan plafon sehingga penggunaannya bisa efektif menahan panas masuk dalam bangunan sedangkan referensi yang bisa digunakan masih sangat sedikit. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui cara memilih bahan plafon sehingga penggunaannya bisa efektif untuk menahan panas. Metode penelitian adalah penelitian kuantitatif dengan analisa nilai transmittan menggunakan perhitungan matematis dan fokus pada plafon sebagai penahan panas pada konstruksi atap seng gelombang BJLS 0.2 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahan plafon yang paling efektif sebagai pendingin ruang dalam adalah bahan yang memiliki nilai konduktivitas yang kecil dan memiliki nilai resistan yang besar, yaitu bahan plafon jenis PVC memiliki nilai konduktivitas $k = 0.090 \text{ W/mK}$, nilai resistan bahan dengan ketebalan 6mm, $R = 0.067 \text{ m}^2\text{K/W}$. Penambahan insulasi panas juga sangat berpengaruh pada pengurangan panas, sebagai alternatif dapat digunakan insulasi panas jenis aluminium bubble yang dipasang diatas plafon.

Kata kunci: efektifitas penggunaan plafon, penahan panas, nilai transmittan

Abstract

The ceiling material plays an important role in the process of inhibiting the flow of heat into the room so that the process of self-cooling in the room can occur. The problem is how to choose a ceiling material so that its use can effectively retain heat from entering the building, while there are still very few references that can be used. The purpose of this research is to find out how to choose a ceiling material so that its use can be effective in retaining heat. The methodology of the research is a quantitative study with an analysis of the transmittance value using mathematical calculations focusing on analyzing the ceiling as a heat barrier on the construction of a 0.2mm BJLS corrugated zinc roof. The research results show that the most effective ceiling material as an internal space cooler is a material that has a small conductivity value and has a large resistance value, namely PVC type ceiling material has a conductivity value of $k = 0.090 \text{ W/mK}$, a material resistance value with a thickness of 6mm, $R = 0.067 \text{ m}^2\text{K/W}$. The addition of heat insulation also greatly affects the reduction of heat, as an alternative you can use the type of aluminum bubble heat insulation that is installed above the ceiling.

Keywords: effectiveness of ceiling use, heat resistance, transmittance value



1. PENDAHULUAN

Kelancaran aktivitas penghuni suatu bangunan sangat didukung oleh adanya keadaan nyaman secara termal terutama pada ruang dalam, sedangkan daerah yang sudah kurang memungkinkan penggunaan sistem penghawaan alami, untuk mencapai kondisi nyaman tersebut digunakanlah sistem penghawaan buatan yaitu *Air Conditioning* atau AC. Penggunaan AC memberi banyak keuntungan, namun kekurangannya terutama pada penggunaan energi yang boros, dapat mencapai 60% dari total energi bangunan (Satwiko, 2009). Menurut Dewan Energi Nasional RI tahun 2012 dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2014 menyatakan bahwa bangunan menjadi bagian dari beban lingkungan yang besar. Bangunan menggunakan 50% total pengeluaran energi di Indonesia. Lebih dari 70% konsumsi listrik dan sekitar 50% digunakan dalam proses sistem pengkondisian udara.

Panas dalam bangunan yang terbesar adalah yang berasal dari luar bangunan yang disebabkan oleh sinar matahari, dan atap bangunan adalah bagian terbesar yang melindungi hunian dari terpaan sinar matahari. Kondisi ini membuat pentingnya upaya untuk memilih penggunaan material dan tipe konstruksi atap yang tepat sehingga efektif dan efisien dalam pengurangan panas yang masuk ke hunian melalui atap bangunan (Budhyowati, 2022), telah diterapkan juga aturan-aturan yang harus ditaati oleh para perancang bangunan yaitu pembatasan nilai keseluruhan panas yang masuk ke dalam bangunan berdasar standar SNI yang masih berlaku saat ini yaitu SNI 03-6572-2001 yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional.

Plafon adalah bagian dari elemen konstruksi atap yang sangat berpengaruh terhadap kesejukan pada ruang dalam, dengan adanya plafon, panas yang masuk dari atap, bisa ditahan dari antara penutup atap dan plafon, sehingga mengurangi beban panas masuk ke dalam ruang. Bahan plafon sangat berperan dalam proses penghambatan pengaliran panas ke dalam ruang sehingga proses pendinginan sendiri (*self cooling*) dalam ruang dapat terjadi. Masalahnya adalah bagaimana cara memilih material plafon yang baik sehingga penggunaannya bisa efektif untuk menahan panas masuk dalam bangunan sedangkan referensi yang digunakan masih sangat kurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara memilih plafon yang baik sehingga penggunaannya bisa efektif untuk menahan panas masuk ke dalam bangunan. Fokus penelitian adalah plafon sebagai penahan panas dengan analisis perhitungan perpindahan panas pada konstruksi atap yang menggunakan penutup atap seng BJLS 0.2 mm yang masih paling banyak digunakan oleh masyarakat saat ini terutama untuk bangunan-bangunan berlantai satu dan dua.

Elemen plafon memiliki andil yang cukup besar dalam menentukan sejuk atau dinginnya suatu ruangan. Hal ini ditentukan oleh pemilihan bahan plafon yang tepat dan keselarasan dengan tipe konstruksi atap bangunannya, bahan plafon yang memiliki nilai konduktivitas yang kecil dengan nilai resistan yang besar akan menjadi penahan panas yang baik dan efektif dalam pendinginan ruang dalam.

2. DASAR TEORI

Atap adalah bagian dari bangunan berlantai satu dan dua yang paling banyak terpapar sinar matahari langsung, dan merupakan sumber panas terbesar yang masuk ke dalam bangunan, pada konstruksi atap terdapat elemen yaitu plafon yang merupakan elemen terakhir penahan panas dari atap masuk ke dalam ruangan. Pemilihan bahan plafon yang benar dan diselaraskan dengan desain konstruksi atap dapat mendinginkan ruangan sehingga dapat berkontribusi terhadap pengurangan energi listrik untuk menghasilkan tagihan utilitas yang lebih rendah (Sala M, 1998). Bangunan hemat energi dirancang agar penggunaan energi lebih sedikit, namun tetap mampu menjalankan fungsinya dengan baik (Palm, 2010).

Beban Panas Atap Bangunan

- a. Beban pendinginan yang berasal dari luar melalui atap bangunan, misalnya untuk gedung kantor satu lantai di Indonesia dapat mencapai 40% sampai 50% dari beban pendingin seluruhnya pada waktu terjadi beban puncak (Satwiko, 2009).

- b. Panas dialirkan ke dalam bangunan melalui tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Aliran panas (*heat transfer*) didefinisikan sebagai perpindahan energi antara dua daerah karena perbedaan suhu (Bradshaw, 1993).

Panas yang berpindah ke dalam bangunan melalui elemen-elemen konstruksi atap bangunan menghasilkan panas sensibel dalam bangunan. Bahan bangunan sangat menentukan nilai transmitansi termal ke dalam bangunan sehingga pemilihan bahan bangunan serta memperkirakan nilai transmisi termalnya perlu dilakukan dengan cermat dan hati-hati berdasarkan pada SNI 03-6390-2000 yang masih berlaku hingga saat ini. Beberapa sifat bahan yang relevan dalam perpindahan panas yaitu konduktivitas adalah bilangan yang menunjukkan besarnya perpindahan kalor melalui bahan seluas 1m^2 dengan tebal 1m akibat perbedaan suhu 1°C (k dalam satuan $\text{Watt/m}^\circ\text{C}$) atau Watt/mK (tanpa derajat). Resistivitas (*resistivity*) adalah kebalikan dari konduktivitas, sedangkan dalam perhitungan daya tahan terhadap panas, ketahanan termal atau resistansi (*Resistance*, R) lebih banyak digunakan. Besarnya perpindahan panas dari suatu komponen yang terdiri atas beberapa jenis bahan bangunan adalah kebalikan dari nilai R dari komponen bangunan. Angka konduktansi elemen bangunan yang sudah memasukkan faktor konduktansi permukaan disebut transmittansi (Szokolay, 1980; ASHRAE, 2001; Frick, *et al* 2008; Harrisman, 2009).

Penelitian serupa yang telah dilakukan adalah analisis faktor-faktor yang mempengaruhi beban penyejukan pada bangunan yang menggunakan sistem pengkondisian udara. Diperoleh hasil bahwa faktor beban penyejukan terbesar dari dinding yang mempengaruhi beban penyejukan adalah berasal dari panas yang menembus kaca sebesar 42–60%, panas yang masuk melalui dinding dan kaca sebesar 10–14%, sedangkan panas yang berasal beban internal terbesar berasal dari panas oleh manusia dan peralatan yang digunakan beban internal sebesar 26-49% (Budhyowati *et al*, 2016).

Pengaruh kinerja termal pada permukaan atap terhadap efisiensi energi bangunan tinggi di daerah tropis juga telah diteliti oleh Yuliani (2018), dimana fokus penelitiannya pada perhitungan efisiensi energi melalui formulasi RTTV yaitu *Roof Thermal Transfer Value* yaitu perpindahan panas bangunan bagian atap ke lingkungan sekitar dengan menggunakan SNI 03-5389-2000, dimana diperoleh hasil bahwa bahan atap dak beton dapat meredam pancaran panas matahari dan dapat menjadi isolator panas pada ruang dalam.

Desain selubung bangunan untuk bangunan hemat energi. Fokus penelitian pada perhitungan nilai transmittansi pada desain konstruksi dinding dengan hasil pengurangan panas bangunan dengan penggunaan desain konstruksi dinding yang memiliki nilai transmittansi yang kecil (Budhyowati dan Kembuan, 2021).

Kajian konstruksi atap bangunan hemat energi. Fokus penelitian pada konstruksi atap miring dimana diperoleh hasil bahwa konstruksi atap yang baik adalah yang memiliki nilai perpindahan panas atau nilai transmittansi yang kecil (Budhyowati, 2022).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Merupakan penelitian kuantitatif dengan analisa perhitungan nilai transmittansi menggunakan perhitungan matematis, fokus penelitian adalah plafon pada konstruksi atap seng BJLS 0.2mm. Dengan tahapan penelitian sebagai berikut:

- Tahap 1: dilakukan studi literatur mencakup semua yang berhubungan dengan pengaliran panas dan hasil-hasil penelitian terdahulu. Tujuannya adalah membangun kerangka teori tentang pemilihan bahan dan efektifitas penggunaan plafon sebagai penahan panas untuk mendinginkan ruang dalam.
- Tahap 2: dilakukan pengumpulan data tentang sifat khas bahan plafon dan dilakukan analisa terhadap nilai transmittansi tipe konstruksi atap seng BJLS 0.2mm dengan beberapa jenis plafon sehingga diketahui penggunaan plafon yang efektif menahan panas, dibuat

dalam bentuk tabel untuk memudahkan perhitungan pencarian nilai transmittan dan analisis lainnya.

- Tahap 3: perampungan penulisan laporan akhir penelitian.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah nilai konduktivitas dan nilai resistan bahan plafon, dan perhitungan nilai transmittan pada konstruksi atap seng BJLS 0.2mm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan plafon memungkinkan suhu panas bisa ditahan dari antara penutup atap dan plafon saja sehingga temperatur dibawahnya atau temperatur ruangan bisa lebih sejuk jika dibandingkan dengan ruangan yang tidak menggunakan plafon. Oleh karena itu pemilihan bahan plafon perlu dipertimbangkan dengan sebaik mungkin. Konduktivitas bahan plafon yang besar dapat mengalirkan panas yang besar, sebaliknya jika konduktivitas bahannya kecil maka panas yang dialirkan pun kecil. Konduktivitas yang besar menyebabkan nilai resistan suatu bahan menjadi kecil, apalagi bila ketebalan suatu bahan tipis. Mengurangi perpindahan panas dari luar ke dalam bangunan dapat dilakukan dengan mengupayakan nilai transmittan bahan komponen pembatas ruang yang sekecil-kecilnya (Budhyowati *et al*, 2016; Budhyowati dan Kembuan, 2021; Budhyowati, 2022).

Terdapat berbagai bahan plafon yang dijual dipasaran, berikut adalah bahan plafon yang sering digunakan, dengan nilai konduktivitasnya (Holman, 2010) yaitu,

- Plafon PVC (*Polivinyll Chloride*) terbuat dari polimer yang diproduksi menjadi plastik fleksibel dengan ukuran lebar 20 cm, panjang 300-600 cm, dan tebal 6-8 mm dengan nilai konduktivitas 0.090 W/mK.
- Plafon Gypsum Board adalah plafon yang terbuat dari bebatuan sedimen dengan ukuran lebar 120 cm, panjang 240 cm, dan tebal 0.8-1.5 cm memiliki nilai konduktivitas 0.160 W/mK.
- Plafon Lambersering (*Lumber Ceiling*) adalah plafon yang terbuat dari kayu dengan ukuran lebar 7-12 cm, panjang 100-390 cm, dan tebal 0.65-1.5 cm memiliki nilai konduktivitas 0.150 W/mK.
- Plafond Tripleks adalah plafon yang terbuat dari lapisan-lapisan kayu tipis dengan ukuran lebar 122 cm, panjang 244 cm, dan tebal 0.3-0.6 cm memiliki nilai konduktivitas 0.120 W/mK.
- Plafon metal (*Metal Ceiling*) adalah plafon yang terbuat dari lempengan metal tipis terbuat dari aluminium, baja, atau besi galvanis dengan ukuran 60x60 cm sampai 30 x 180 cm dengan tebal 0.5-0.7 mm memiliki nilai konduktivitas 210 W/mK.
- Plafon GRC (*Glassfiber Reinforced Cement*) terbuat dari campuran serat dan semen dengan ukuran lebar 122 cm, panjang 244 cm, dan tebal 0.4-1 cm memiliki nilai konduktivitas 0.36 W/mK (Cementboard Pabricators, 2023).

Adapun ketebalan, konduktivitas, resistan material plafon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketebalan, Konduktivitas, dan Resistan, dari Beberapa Material Plafon

BAHAN PLAFON	Ketebalan (d)	Konduktivitas (k)	Resistan (R)
	m	W/mK	m ² K/W
1. Plafon PVC tebal 6-8 mm	0.006	0.090	0.067
	0.008	0.090	0.089
2. Gypsum Board tebal 8-15 mm	0.008	0.160	0.050
	0.015	0.160	0.094
3. Lammersering tebal 6.5-15 mm	0.0065	0.150	0.043
	0.015	0.150	0.100
4. Tripleks tebal 3-6 mm	0.003	0.120	0.025
	0.006	0.120	0.050
5. GRC Board tebal 4-15 mm	0.004	0.360	0.011
	0.015	0.360	0.041
6. Plafon metal tebal 0.5-0.7mm (aluminium)	0.0005	210.0	0.0000024
	0.0007	210.0	0.0000033

Perpaduan beberapa jenis bahan yang sesuai dan tepat menghasilkan bangunan yang sejuk dan pastinya akan lebih hemat energi. Analisis pada tabel dibawah menunjukkan nilai transmittan konstruksi atap dengan penutup atap seng BJLS dipadukan dengan berbagai macam jenis bahan plafon sehingga penggunaan plafon bisa efektif dapat dilihat pada Tabel 2- Tabel 8.

Tabel 2. Nilai transmittan atap miring dengan penutup atap seng BJLS 0.2 mm tanpa penggunaan plafon

KONSTRUKSI	d	k	R=d/k	U=1/R	Absorpsi
	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	α
1. Permukaan luar			0.018		0.83
2. Seng gel BJLS 0,2mm	0.0002	110.000	0.0000018		
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
Total			0.123	8.156	

dimana :

d = ketebalan material dalam satuan meter (m)

k = nilai konduktivitas panas material dalam satuan Watt per meter Kelvin (W/mK)

R = Resistan (tahanan) dalam satuan meter kwadrat Kelvin per Watt (m²K/W)

R = d/k (ketebalan dibagi nilai konduktivitas panas)

U = U-Value (nilai Transmittan = nilai perpindahan panas) dalam satuan Watt per meter kwadrat Kelvin (W/m²K)

U = 1 per nilai resisten panas)

Notasi diatas berlaku untuk tabel- tabel selanjutnya.

Tabel 3. Nilai transmittan konstruksi atap seng Gel BJLS 0,2 mm, Plafon PVC tebal 6 dan 8mm

KONSTRUKSI	d	k	R=d/k	U=1/R	Absorpsi
	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon PVC 6 mm	0.0060	0.090	0.067		
5. Permukaan dalam			0.149		

Total			0.338	2.956
1. Permukaan luar			0.018	
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018	0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105	
4. Plafon PVC 8 mm	0.0080	0.090	0.089	
5. Permukaan dalam			0.149	
Total			0.360	2.774

Tabel 4. Nilai transmitan konstruksi atap seng Gel BJLS 0,2 mm, Plafon Gypsum board tebal 6, 9, dan 12mm

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorpsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon gypsum board 8 mm	0.008	0.160	0.050		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.322	3.109	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon gypsum board 9 mm	0.009	0.160	0.056		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.328	3.050	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon gypsum board 12 mm	0.012	0.160	0.075		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.347	2.885	

Tabel 5. Nilai transmitan konstruksi atap seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon Lambersering tebal 6,5, 8, 12 dan 15mm

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorpsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon lambersering 6,5 mm	0.0065	0.150	0.043		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.315	3.175	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafond lambersering 8 mm	0.008	0.150	0.053		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.325	3.078	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83

3. Udara sisi bawah atap			0.105	
4. Plafon lambersering 12 mm	0.012	0.150	0.080	
5. Permukaan dalam			0.149	
Total			0.352	2.844
1. Permukaan luar			0.018	
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002	0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105	
4. Plafon lambersering 15 mm	0.015	0.150	0.100	
5. Permukaan dalam			0.149	
Total			0.372	2.691

Tabel 6. Nilai Transmittan Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon Triplek tebal 3, 4, dan 6 mm

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorpsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon tripleks 3 mm	0.003	0.120	0.025		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.297	3.372	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon tripleks 4 mm	0.004	0.120	0.033		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.305	3.279	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon tripleks 6 mm	0.006	0.120	0.050		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.322	3.109	

Tabel 7. Nilai Transmittan Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon GRC board tebal 4,6,8, dan 10 mm

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorpsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon GRC board 4 mm	0.004	0.360	0.011		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.283	3.537	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon GRC board 6 mm	0.006	0.360	0.017		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.288	3.469	
1. Permukaan luar			0.018		

2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002	0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105	
4. Plafon GRC board 8 mm	0.008	0.360	0.022	
5. Permukaan dalam			0.149	
Total			0.294	3.403

1. Permukaan luar			0.018	
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.000002	0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105	
4. Plafon GRC board 10 mm	0.010	0.360	0.028	
5. Permukaan dalam			0.149	
Total			0.299	3.340

Tabel 8. Nilai Transmittan Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon Metal al. tebal 0,5 dan 0,7 mm

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorbsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon metal al., 5mm	0.0005	210.000	0.0000024		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.271604	3.682	
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
4. Plafon metal al. 0,7mm	0.0007	210.000	0.0000033		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.271605	3.682	

Selain itu untuk mengurangi masuknya panas ke dalam bangunan melalui atap di atas plafon bisa juga dilapisi bahan insulasi panas yang berfungsi untuk meredam suhu panas mengalir ke plafon. Insulasi panas mempunyai jenis dan bahan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 9 – Tabel 12.

Tabel 9. Nilai Transmittan Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon PVC dengan Insulasi Panas *Foam Polyurethane Spray*

KONSTRUKSI	d m	k W/mK	R=d/k m ² K/W	U=1/R W/m ² K	Absorbsi α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
3. Foam polyurethane spray insulation	0.020	0.017	1.176		
4. Plafon PVC 6 mm	0.0060	0.090	0.067		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			1.515	0.660	

Tabel 10. Nilai Transmittan Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Plafon PVC dengan insulasi panas Aluminium Bubble 4 mm

KONSTRUKSI	d	k	R=d/k	U=1/R	Absorpsi
	m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	α
1. Permukaan luar			0.018		
2. Seng gelombang BJLS 0.2mm	0.0002	110.000	0.0000018		0.83
3. Udara sisi bawah atap			0.105		
3. Ins. aluminium bubble 4mm	0.004	0.030	0.133		
4. Plafon PVC 6 mm	0.0060	0.090	0.067		
5. Permukaan dalam			0.149		
Total			0.472	2.120	

Tabel 11. Nilai Transmittan (*U-value*) Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Tanpa Plafon dan Menggunakan Plafon

<i>U-value</i> Tanpa Plafon		<i>U-value</i> Menggunakan Plafon					Besar Pengurangan <i>U-value</i>					
W/m²K	W/m²K						W/m²K					
	PVC 6mm	Gips 8mm	Lamber 6.5mm	Triplek 3mm	GRC 4mm	Metal 5mm	PVC 6mm	Gips 8mm	Lamber 6.5mm	Triplek 3mm	GRC 4mm	Metal 5mm
8.156	2.956	3.109	3.175	3.372	3.528	3.682	5.2	5.047	4.981	4.784	4.628	4.474

Tabel 12. Nilai Transmittan (*U-value*) Konstruksi Atap Seng Gel BJLS 0,2mm, Tanpa Insulasi Panas dan Menggunakan Insulasi Panas

Bahan Plafon	<i>U-value</i> Tanpa Insulasi Panas	<i>U-value</i> Menggunakan Insulasi Panas	Besar Pengurangan <i>U-value</i>
	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
1. PVC 6mm	2.956	2.120	0.836
2. Gypsum board 8mm	3.109	2.198	0.911
3. Lamber 6.5mm	3.175	2.231	0.944
4. Tripleks 3mm	3.375	2.326	1.046
5. GRC board 4mm	3.537	2.399	1.129
6. Metal 5mm	3.682	2.470	1.212

Dari analisa diketahui bahwa penggunaan plafon sangat efektif mengurangi panas masuk ke dalam ruangan sehingga membuat efek pendinginan pada ruang dalam. Bahan plafon yang paling efektif untuk pendinginan ruang dalam adalah bahan yang memiliki nilai konduktivitas yang kecil tetapi sangat dipengaruhi dengan ketebalan bahan plafon yang dijual dipasaran, sehingga efektifitas akan terjadi pada bahan plafon yang memiliki nilai resisten atau penahan panas yang besar.

Penggunaan insulasi panas pada plafon sangat berpengaruh pada pengurangan panas yang masuk ke dalam ruangan. Dari analisa didapat bahwa insulasi panas yang paling baik adalah jenis *Foam Polyurethan Spray* namun harganya masih tergolong mahal sehingga dapat digunakan insulasi panas jenis *Aluminium bubble* yang dipasang diatas plafon.

5. KESIMPULAN

Bahan plafon yang paling efektif sebagai pendingin ruang dalam adalah bahan yang memiliki nilai konduktivitas kecil, dengan nilai resisten yang besar sehingga nilai transmittannya

kecil. Bahan plafon yang paling baik sebagai pendingin ruangan adalah jenis PVC, memiliki nilai konduktivitas $k = 0.090 \text{ W/mK}$, nilai resistansi bahan dengan ketebalan paling tipis 6mm yaitu $R = 0.067 \text{ m}^2\text{K/W}$. Penggunaan plafon dengan penambahan insulasi panas juga sangat berpengaruh pada pengurangan panas yang masuk ke dalam ruangan. Jenis insulasi panas yang cukup efektif adalah jenis *Aluminium bubble* yang dipasang diatas plafon. Penggunaan insulasi panas akan semakin efektif terutama digunakan pada bahan plafon jenis penghantar panas.

6. SARAN

Penggunaan plafon sebagai pendingin ruang dalam perlu memperhatikan jenis bahan dan sifat khasnya sehingga efektif penggunaannya. Sangat diharapkan adanya penelitian yang menghasilkan bahan plafon baru yang memiliki nilai konduktivitas kecil dan nilai resistansi yang besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan yang telah mendanai riset skema Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) dan kepada Kepala Laboratorium Uji Material, Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Manado yang telah mendukung pelaksanaan riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers Handbook Committee*). (2001). *ASHRAE Fundamental HandBooks*- 2001. ASHRAE 1791 Tullie Circle. Atlanta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Konservasi Energi dan Tata Udara Pada Bangunan Gedung*. SNI 03-6390-2000, Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung*. SNI 03-6572-2001, Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*, SNI 6389:2011. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Bradshaw V. (1993). *Building Control System, Second edition*. John wiley & Sons, Inc. New York.
- Budhyowati M.Y.N, Kindangen J.I, Tungka, A.E, (2016). Analisis Faktor-faktor Yang mempengaruhi Beban penyejukan pada Bangunan yang Menggunakan Sistem Pengkondisian Udara. Daseng. *Ejournal.unsrat.ac.id*
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/13505>
- Budhyowati, Kembuan, (2021). Desain Selubung Bangunan Untuk Bangunan Hemat Energi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 2021, 57-67.
- Budhyowati. 2022. Kajian Konstruksi Atap Bangunan Hemat Energi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 4(2), 2022, 45-57.
- Cement Board Fabricators, (2023), High Quality Fiber cement Cladding Sheet (502)774-5757 <http://cementboardfabricators.com/technical-data>
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. (2014). *Outlook Energi Indonesia 2014* Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Frick, Ardiyanto, dan Darmawan. 2008. *Ilmu Fisika Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Harrisman L, (2009). *The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates*. American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- Holman J.P, (2010), *Heat Transfer, Tenth Edition*, The MC Graw Hill Companies, Singapore

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung Indonesia, *Edisi Pertama*. Jakarta.
- Palm J. (2010). *Energy Efficiency*. Sciyo. Croatia.
- Sala M. (1998). *Architecture: Comfort and Energy*. Elsevier. Amsterdam.
- Satwiko. (2009). Fisika Bangunan. Andi. Yogyakarta.
- Szokolay S. V. (1980). *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*. The Construction Press. New York.
- Yuliani S, Setyaningsih W. (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>