

REVIEW OF THE ROOFING MATERIAL OF THE PURBALINGGA CATHOLIC CHURCH ON THE IMPACT OF SPACE HEAT

TINJAUAN MATERIAL ATAP GEREJA KATOLIK PURBALINGGA TERHADAP DAMPAK KALOR RUANG

Yohanes Wahyu Dwi Yudono
Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto
Kampus UNWIKU Jl. Beji Karangsalam PO BOX 185 Purwokerto 53152
Email: Wahyuyudono@gmail.com

ABSTRACT

Starting from observing the roof of the Purbalingga Parish Catholic Church (which in this case serves as the crown of the building), every observer will be quickly attracted because it has a beautiful appearance. But beauty alone is not enough, there are at least 3 aspects according to Vitruvius that need to be considered in terms of buildings, namely Function, Robustness, and beauty. The two aspects have at least been fulfilled, leaving for the aspect of the function of the church building which is still questionable. The function of the building in question here concerns the beauty of the roof that does not function optimally in fending off solar radiation. The function of the roof as a building shield is to ward off heat radiation from the sun, so that the roof itself is demanded not to be an easy source of heat radiation which forwards most of the heat radiation it receives from the sun into the space it is supposed to protect. This is related to the nature of heat conductivity of the roofing material used.

High temperatures in buildings are not only caused by the shape of the building (construction of roofs, walls, and floors of buildings), but are also caused by the use of materials and completion of building construction, each of which has heat resistance. Therefore it is necessary to find out how much the value of heat prisoners on the application of the Catholic church roof material in Purbalingga.

From the observations it can be concluded that, in addition to the way of constructing the church roof which causes air to gather on the top of the main roof, also found the coefficient of heat transfer coefficient of the church roof of 2.725 kcal / m².jam⁰C. This means that the value of the heat transfer coefficient (K) of roof construction is greater than the requirement of 1.00 kcal / m².jam⁰C, thus the roof construction applied to the church does not meet the requirements for the interests of the ability of heat prisoners.

Key Words: *Roof Forms, How to Construct a Roof Frame, Heat Conductivity of Roofing Materials.*

ABSTRAK

Bermula dari mengamati Atap Gereja katolik Paroki Purbalingga (yang dalam hal ini berlaku sebagai mahkota bangunan), setiap pengamat akan cepat tertarik karena memiliki tampilan bentuk yang indah. Namun keindahan saja belum cukup, paling tidak ada 3 aspek menurut Vitruvius yang perlu diperhatikan dalam hal bangunan, yaitu Fungsi, Kekokohan, dan keindahan. Dua aspek paling tidak sudah terpenuhi, tinggal untuk aspek fungsi bangunan gereja yang masih mungkin dipertanyakan. Fungsi bangunan yang dipertanyakan disini menyangkut indahnya atap yang tidak berfungsi secara optimal dalam menangkis radiasi matahari. Fungsi atap sebagai perisai bangunan yaitu menangkai radiasi panas dari matahari, sehingga atap sendiri dituntut jangan mudah menjadi sumber radiasi panas yang meneruskan sebagian besar radiasi panas yang diterimanya dari matahari ke dalam ruang yang semestinya dilindunginya. Hal inilah yang berhubungan dengan sifat daya penghantaran panas dari bahan atap yang dipakainya.

Temperatur yang tinggi dalam bangunan tidak hanya disebabkan oleh bentuk bangunan (konstruksi atap, dinding, dan lantai bangunan), namun juga disebabkan oleh penggunaan material dan penyelesaian konstruksi bangunan yang masing-masing memiliki tahanan kalor. Oleh karena itu perlu untuk mengetahui berapa besar nilai tahanan kalor pada penerapan material atap gereja Katolik di Purbalingga tersebut.

Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa, selain cara berkonstruksi atap gereja yang mengakibatkan udara mengumpul pada bagian atas atap utama, juga ditemukan nilai koefisien perpindahan kalor atap gereja sebesar 2,725 kcal / M².jam⁰C. Artinya nilai koefisien perpindahan kalor (K) konstruksi atap lebih besar dari persyaratan yaitu 1,00 kcal / M².jam⁰C, dengan demikian konstruksi atap yang diterapkan pada gereja tidak memenuhi persyaratan bagi kepentingan kemampuan tahanan kalor.

Kata-kata Kunci : *Bentuk Atap, Cara Ber-Konstruksi Rangka Atap, Daya Hantar Panas Material Atap.*

PENDAHULUAN

Dalam buku: Viva et Allecta (2011) dijelaskan bahwa: pada tanggal 1 September 1936 ditetapkan Romo M. Neijens, MSC untuk melayani umat Katolik di Purbalingga, dan pada tanggal tersebut dijadikan tanda sebagai berdirinya Paroki Santo Agustinus Purbalingga.

Sebelumnya, pelayanan misa diberikan langsung oleh para romo dari Paroki Kristus Raja Purwokerto. Para romo melayani umat di Purbalingga yang berjumlah ± 60 orang, terdiri dari 52 orang Belanda, 5 orang Tionghoa, dan 3 orang Jawa. Mereka umumnya bekerja di berbagai perkebunan di wilayah Purbalingga.

Akhir bulan Desember 1952, paroki Purbalingga mendapat ijin mendirikan gereja yang mampu menampung ± 200 umat, dan pada tanggal 14 Mei 1953 pembangunan gereja telah selesai yang diberkati oleh Mgr. Willem Schoemaker, MSc.



Gambar 1. Gereja Katolik Purbalingga yang diberkati Mgr. Willem Schoemaker, MSc pada 14 Mei 1953

Dengan bertambah usia dan bertambahnya jumlah umat, maka pada tanggal 30 Oktober 1987 bersama dengan romo paroki FX. Yitno Puspoandaya, Pr dan umat paroki Purbalingga dapat menghasilkan rencana baru untuk membangun gereja baru dengan daya tampung ± 700 s/d 1000 umat.

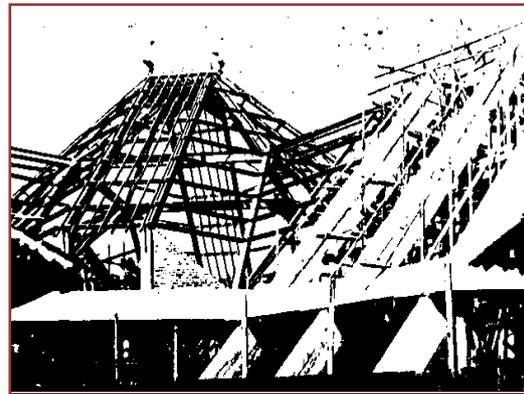


Gambar 2. Gereja Paroki Purbalingga yang Baru, dan Diberkati oleh Mgr. P.S. Hardjasoemarta, MSc pada tanggal 28 Agustus 1992

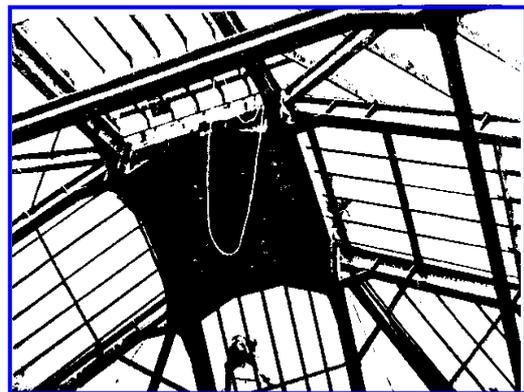


Gambar 3. Interior Gereja Katolik Purbalingga yang baru

Dengan bentuk bangunan gereja yang baru tersebut, memungkinkan terjadinya temperatur yang tinggi di dalam gereja (terutama pada zona altar dan zona tengah untuk duduk umat). Tingginya temperatur, disebabkan oleh tidak adanya aliran udara secara vertikal.



Gambar 4. Rangka Atap Bangunan Gereja Katolik Purbalingga



Gambar 5. Bagian atas atap gereja – pada bagian ini tidak ada bidang bukaan (udara panas “mandeg” disini).

PERMASALAHAN

Temperatur yang tinggi dalam bangunan tidak hanya disebabkan oleh bentuk bangunan (konstruksi atap, dinding, dan lantai bangunan), namun juga disebabkan oleh penggunaan material dan penyelesaian konstruksi bangunan yang masing-masing memiliki tahanan kalor.

Oleh karena itu perlu untuk mengetahui berapa besar nilai tahanan kalor pada penerapan material atap gereja Katolik di Purbalingga.

KAJIAN TEORI

Dilihat secara fisik, fungsi atap yang utama adalah sebagai pelindung dari matahari (panas dan silaunya) serta hujan (kebasahan / kelembaban dan hembasnya). Dengan memperhatikan fungsi atap sebagai pelindung tersebut, maka dengan sendirinya fungsi atap harus mampu menangkis radiasi panas matahari. Oleh karena itu, atap tidak boleh menjadi sumber radiasi panas yang meneruskan sebagian besar radiasi panas yang diterimanya dari matahari kedalam ruang yang harus dilindungi. Hal demikian berhubungan erat dengan sifat *daya hantar panas* dari bahan yang dipakai. Contoh: atap besi seng yang di tir hitam di atasnya atau beton tipis sangat mudah menyerap dan mengalirkan panas. Sedangkan sirap kayu atau atap alang-alang relative tidak mudah menyerap dan menghantarkan panas, walaupun sirap ulin berwarna hampir segelap tir seng.

Dengan memperhatikan sifat daya hantar panas pada material atap, maka sebenarnya atap tidak lain sebagai pembatas atau dinding ruangan di sisi atas. Dengan demikian, dalam beberapa permasalahan, atap mengandung masalah-masalah yang sama dengan dinding, yaitu menjadi pemisah antara ruangan dalam yang dianggap hangat dengan ruangan luar yang dianggap dingin atau sebaliknya.



Gambar 6. Susunan Atap Panas yang Normal

Sumber: Mangunwijaya, YB. (1988: 281)

Gambar susunan atap dengan memperhatikan aspek daya hantar panas:

1. Kulit atap yang sering dilindungi oleh batu-batu kerikil.
2. Isolasi kalor
3. Isolasi penahan uap air / air
4. Konstruksi pendukung
5. Penyerap kelembaban

Mengingat atap berfungsi sebagai perisai dan pelindung bagian sisi atas bangunan, pada umumnya mempunyai ukuran yang cukup luas. Bidang yang terlalu luas, menimbulkan bermacam persoalan yang kompleks dan sulit diatasi. Sehingga penutup atap yang memiliki ukuran sangat luas tersebut, dibuat

dengan ukuran kecil-kecil atau berupa kepingan-kepingan dengan maksud / tujuan:

1. Mudah dibuat dengan resiko yang minimum.
2. Mudah diangkut dari tempat pembuatan ke tempat pembangunan.
3. Mudah dipasang atau bila ada kerusakan mudah diperbaharui untuk diganti.

Selain itu, sifat alamiah panas pada bidang luas yang mengalami pemuaihan dan pengerutan menurut pasang surutnya panas pada siang hari dan dingin pada malam hari, ikut menentukan konstruksi dan bentuk atap.

Semakin luas bidang, semakin berganda juga hasil keseluruhan akibat pemuaihan dan pengerutan. Akibatnya berganda juga persoalan teknis yang timbul. Oleh karena itu bidang luas dibuat kepingan-kepingan (berukuran kecil-kecil), sehingga akibat pemuaihan dan pengerutan dibagi rata. Sehingga dikenal penutup atap dalam bentuk unsur-unsur berbidang kecil, misalnya: genting, sirap, pelat-pelat seng atau eternity, bongkokan ijuk atau ilalang, dan sebagainya.

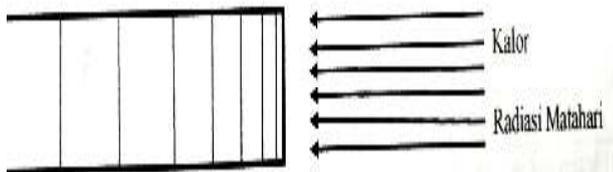
Ada atap yang luas besar tanpa dibuat kecil-kecil, misalnya tenda besar rumah sirkus atau atap beton besi. Disitupun persoalan pemuaihan dan pengerutan tetap menjadi factor besar dan harus diperhatikan serta diperhitungkan. Pemuaihan dan pengerutan dapat merusak unsur-unsur lain, menimbulkan keretakan atau bahkan kehancuran unsur.

Genting sirap, pelat seng, pelat eternit, bongkokan ijuk, ilalang dan sebagainya merupakan yang disebut penutup atap. Dan karena atap adalah bidang penutup pelindung ruang, wajar jika kita berupaya mencari akal agar penutup atap dapat memebentang bebas sepanjang, selebar dan seluas mungkin. Semakin luas bentangan atap, semakin bebas dan mudah dalam mengatur ruang di bawahnya.

Konstruksi atap bisa dibuat dari bermacam bahan maupun cara. Jika penutup atap merupakan kulit atap bagian luar dari atap di sisi atas, maka langit-langit merupakan kulit atap bagian dalam atau sisi bawah. Setiap bahan yang disusun, unsur konstruksi yang diterapkan, mempunyai kodrat serta sifat masing-masing, sehingga dalam penyelesaiannya konstruksinyapun punya cara yang berlainan (YB. Mangunwijaya, 1988). Dalam hal ini, sifat dan kodrat dari bahan-bahan yang akan digunakan, ditinjau terhadap tahanan perpindahan kalor (R) bahan itu sendiri. Yaitu sebagai hasil perkalian antara tahanan konduktifitas kalor (r) suatu bahan dengan tebal (d) bahan itu sendiri.

Dalam melakukan perhitungan, sistem konstruksi yang dihitung adalah sistem konstruksi atap, dinding dan sistem konstruksi lantai. Yaitu

dengan asumsi, bahwa sebagian besar (dinding berdasarkan luasan bidang m²) elemen pembentuk ruang pada bangunan adalah ketiga sistem konstruksi tersebut. Selain itu perlu juga dijelaskan bahwa sistem konstruksi tersebut merupakan konstruksi yang berhubungan langsung dengan radiasi pengantaran dari Matahari. (radiasi pengantaran Matahari adalah: kalor yang dialihkan dari molekul ke molekul, namun molekul-molekul itu sendiri tetap berada ditempat masing-masing).



Gambar 7. Ilustrasi rambatan Kalor dari Radiasi Matahari,

Sumber: Ilustrasi penulis

A. Ketentuan dan Anggapan:

- Yang dimaksud sebagai konstruksi atap, adalah termasuk langit-langit ataupun bahan lapisan isolasi penutup atap lainnya.
- Nilai koefisien perpindahan kalor (K): (Mangunwijaya, 1980:132)
 - Untuk konstruksi atap harus < 1,00 kcal/m² . jam ⁰C.
 - Untuk konstruksi dinding harus < 1,50 kcal/m² . jam ⁰C.
 - Untuk konstruksi lantai harus < 1,75 kcal/m² . jam ⁰C.
- Nilai hambatan kalor pada suatu bidang adalah: (Arismunandar dan Saito, 1986:47)
 - Bagian luar konstruksi dari bangunan ==> (Rso) 0,05 m².jam ⁰C/kcal.
 - Bagian dalam konstruksi dari bangunan ==> (Rsi) 0,125 m².jam ⁰C/kcal.
- Diketahui nilai tahanan perpindahan kalor dari lapisan udara (Ra).
- Dalam perhitungan pemilihan bahan bangunan untuk konstruksi atap, digunakan rumus: (sumber: Arismunandar dan Saito, 1986:46)
 - $R=R_{si}+R_1+R_2+ \dots + R_n+R_a+R_{so}$ (m².jam. ⁰C/kcal), yaitu untuk mendapatkan tahanan perpindahan kalor dari suatu bahan bangunan yang digunakan (sebagai bahan konstruksi atap, dinding, dan lantai)
 - $K=1/R$ (kcal/m² jam. ⁰C), yaitu untuk mendapatkan koefisien perpindahan kalor dari suatu bahan bangunan yang digunakan (sebagai konstruksi atap, dinding, dan lantai).

Keterangan:

- R = Tahanan perpindahan kalor (m² jam . ⁰C/kcal).
- Rsi = Tahanan perpindahan kalor pada permukaan bagian dalam konstruksi dari bangunan (m² jam ⁰C/kcal).
- Rso = Tahanan perpindahan kalor pada permukaan bagian luar dalam konstruksi dari bangunan (m² jam ⁰C/kcal).
- R1 Rn = Tahanan perpindahan kalor dari setiap lapisan konstruksi (m² jam ⁰C/kcal).
- K = Koefisien perpindahan kalor (kcal / m² jam . ⁰C).
- r1 rn = Tahanan konduktifitas kalor setiap bahan (m jam ⁰C / kcal).
- d = Tebal dari setiap bahan bangunan (m = meter).

B. Metoda dan Proses:

Sebelum melakukan perhitungan, terlebih dahulu harus diketahui macam bahan yang akan digunakan beserta nilai tahanan konduktifitas kalornya (r). Untuk keperluan nilai tahanan konduktifitas kalor (r), dapat dilihat pada tabel: 2, tabel: 3, dan tabel: 4.

Tabel 1. Tahanan Perpindahan Kalor Dari Lapisan Udara

KETERANGAN		(Ra) M ² jam ⁰ C/kcal
BAHAN BANGUNAN DI PASANG DI	Tanpa lapisan Penutup	Tebal Lapisan: • 1 Cm • Lebih dari 2 Cm
	LAPANGAN	Menggunakan kertas aluminium (sebagai lapisan penutup)
BAHAN BANGUNAN DI PASANG DI PABRIK (sistem pre-fabricated)	Tanpa lapisan penutup	Tebal Lapisan: • 1 Cm • 2 Cm • 5 Cm
	Menggunakan kertas aluminium (sebagai lapisan penutup)	Tebal Lapisan: • 1 Cm • 2 Cm • 5 Cm

Sumber: Wiranto Arismunandar dan Heizo Saito, 1986: 47

Tabel 2. Nama Bahan Utama & Bahan Isolasi Konstruksi Atap

No	BAHAN	KETERANGAN	Ukuran dalam (M)			(r)
			(p)	(l)	(d)	
1	Keramik	Adalah unsur bangunan untuk menutup dinding atau lantai yang dibuat dari tanah liat dan bahan-bahan mentah keramik lainnya yang dibentuk, dikeringkan dan dibakar sehingga mempunyai sifat-sifat khusus terutama tahan terhadap asam kuat disamping juga tahan korosi dan tahan cuaca.	Antara 0,160 s/d 0,500	Antara 0,050 s/d 0,160	Antara 0,007 s/d 0,020	1,111

No	BAHAN	KETERANGAN	Ukuran dalam (M)			(r)
			(p)	(l)	(d)	
2	Kayu	Yaitu kayu olahan yang diperoleh dengan jalan meng-konversi kayu bulat menjadi kayu berbentuk balok, papan ataupun bentuk-bentuk lain yang sesuai dengan kebutuhan.	Antara 0,200 s/d 0,400 Antara 0,200 s/d 0,500 Antara 0,200 s/d 0,500 Antara 0,300 s/d 0,500	Antara 0,030 s/d 0,050 Antara 0,030 s/d 0,060 Antara 0,040 s/d 0,100 Antara 0,015 s/d 0,025 Antara 0,018 s/d 0,400	0,010 0,015 0,020 0,020 0,025 0,030	8,333
3	Lembaran Asbes Semen	Suatu campuran serat asbes dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya ditambah air dengan atau tanpa bahan tambahan lain, yang dibuat dalam bentuk lembaran datar atau bergelombang dengan bobot isi (densitas).	0,125 0,160	0,0915 0,0915	0,0066 0,0068 0,0058	2,564
4	Kaca	Adalah kaca lembaran yang terbuat dari bahan gelas yang pipih, pada umumnya mempunyai ketebalan yang sama, mempunyai sifat tembus cahaya dapat diperoleh dari proses-proses tarik gelas dan pengembangan.			0,002 0,003 0,004 0,005	
5	Plastik	Dipakai sebagai bahan penutup atap, lembaran bergelombang sebaiknya dibuat dari jenis resin yang tahan terhadap iklim tropis seperti misalnya resinpoly isobutylene dari polyvinylfluorida.	0,225 0,300	0,225 0,300	0,0018 0,0022 0,0025 0,0027 0,0029 0,0031 0,0032 0,0036 0,0038 0,0045 0,0054 0,0066 0,0083 0,0095 0,0119 0,0148 0,0187	26,315
6	Pozolan (tras dan semen merah)	Adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif.			Asumsi 0,010 0,014 0,016 0,018 0,020	1,369
7	Baja lembaran lapis seng	Adalah baja lembaran lapis seng yang pelapisannya dilaksanakan dengan cara celup panas yang dapat berbentuk gulungan.			0,0018 0,0022 0,0025 0,0027 0,0031 0,0035 0,0044 0,0051 0,0066 0,0083 0,0101 0,012 0,014 0,016 0,018 0,020	
8	Lembaran aluminium	Adalah lembaran aluminium datar atau bergelombang yang dipergunakan untuk berbagai tujuan termasuk untuk menutup atap.			0,003 0,004 0,005 0,006 0,007 0,008 0,015	0,0057
9	Beton	Bahan yang diperoleh dengan mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (krikil), Air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis dengan atau tanpa bahan tambahan lain (dalam perhitungan ukuran adalah asumsi).			0,12 0,15 0,20 0,25 0,30 0,40	0,666

10	Aspal berlapis an butir-butir mineral	Adalah penutup atap berbentuk lempeng-lempeng kain atap (felt) yang kedua permukaannya jenuh berlapiskan aspal, sedang pembukaan atasnya dilapis dengan butir-butir mineral.			0,002 0,003 0,004 0,005 0,006	1,666
----	---------------------------------------	--	--	--	---	-------

Keterangan: (r) = Tahanan Konduktifitas Kalor (m.jam. °Ckcal)

Sumber:

1. Wiranto Arismunandar dan Heizo Saito, 1986, "PENYEGARAN UDARA", penerbit: PT. Pradnya Paramita.
2. DPU, 1982, "PERSYARATAN UMUM BANGUNAN DI INDONESIA., FISIKA LANJUT

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Penerapan Material Atap

Perhitungan PENERAPAN MATERIAL ATAP terhadap TAHANAN KONDUKTIFITAS KALOR.

Penutup atap yang dipakai adalah Genteng Keramik (merk KIA) dengan ketebalan (d=2 Cm), dibawahnya terdapat Reng Kayu Jati ukuran ¾ Cm, lembaran Aluminium, usuk Jati ukiuran 5/7 Cm, konstruksi kuda-kuda baja IWF dengan ketebalan 40 Cm, kerangka plafond kayu kamper ukuran 8/12 Cm (dipasang pada ketinggian yang sama terhadap kerangka kuda-kuda baja) dan lapisan plafond dari teakwood 4 mm.

Dari data uraian di atas dengan melihat: *Nilai hambatan kalor pada permukaan suatu bidang (Rso dan Rsi), tabel: III-1 yaitu tahanan Perpindahan Kalor dari Lapisan Udara dan tabel: III-2 yaitu Nama Bahan Utama dan Bahan Isolasi Konstruksi Atap*, akan didapatkan angka yang diperlukan dalam perhitungan sebagai berikut: (semua satuan diubah dalam bentuk MKS)

1. $R_{so}=0,05 \text{ m}^2\text{jam}^0\text{C/kcal}$
2. $R_{si}=0,125 \text{ m}^2\text{jam}^0\text{C/kcal}$
3. Dari tabel: III-2 diketahui (untuk atap keramik) $r = 1,111 \text{ M.jam}^0 \text{ C/kcal}$. Sehingga untuk tebal atap keramik 2 cm (0,02 M) adalah:
 $R_1=1,111 \times 0,02 \text{ (m}^2 \text{ jam}^0 \text{ C/kcal)}$
 $=0,002 \text{ M}^2 \text{ jam}^0 \text{ C/kcal}$
4. Untuk nilai R_a (rongga udara antara penutup atap genteng keramik dan lapisan plafond), dapat dilihat pada nilai hambatan kalor pada permukaan suatu bidang (R_{so} dan R_{si}), diperoleh nilai $R_a = 0,267 \text{ M.jam}^0 \text{ C/kcal}$.
5. Dari tabel: III-2 diketahui (untuk kayu lembaran) $r = 8,333 \text{ m.jam}^0\text{C/kcal}$. Sehingga untuk tebal atap keramik 4 mm (0,004 m) adalah:
 $R_2=8,333 \times 0,004 \text{ (m}^2 \text{ jam}^0\text{C/kcal)}$
 $=0,03 \text{ m}^2 \text{ jam}^0\text{C/kcal}$

Dari angka-angka tersebut di atas, kemudian dimasukkan ke dalam rumus:

$$R=R_{so}+R_1+R_a \text{ (rongga udara antara penutup atap genting keramik dan penutup plafond)}+R_2+R_{si} \\ =0,05+0,02+0,267+0,03$$

$R=0,367 \text{ m}^2 \cdot \text{jam}^0 \text{C/kcal}$ (artinya: dengan dipakainya konstruksi atap seperti tersebut di atas, akan didapat tahanan perpindahan kalor sebesar $0,367 \text{ m}^2 \cdot \text{jam}^0 \text{C/kcal}$)

Sehingga nilai koefisien perpindahan kalor (K) dari konstruksi atap tersebut di atas adalah :

$$K=1 / R \\ K=1 / 0,367 \text{ kCal} / \text{M}^2 \cdot \text{jam}^0 \text{C}$$

$K=2,725 \text{ kcal} / \text{M}^2 \cdot \text{jam}^0 \text{C} > 1,00 \text{ kcal} / \text{M}^2 \cdot \text{jam}^0 \text{C}$
--



Disimpulkan: Konstruksi atap yang diterapkan tidak memenuhi persyaratan bagi kepentingan kemampuan tahanan kalornya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1992. *Kenangan Peresmian dan Pemberkatan Gereja Paroki Santo Agustinus Purbalingga*.
- Arismunandar. W & Saito, Heizo. 1986. *Penyegaran Udara*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- DPU-Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia*. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Mangunwijaya., YB. 1988. *Pengantar Fisika Bangunan (Cetakan ke-3)*. Jakarta : Djambatan
- _____. 1980. *Pasal-pasal Fisika Bangunan*. Jakarta : PT. Gramedia
- PJM. Van der Meijs. 1983. *Fisika Bangunan*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Yudono, Yohanes Wahyu Dwi. 2018. *Kajian Wujud Arsitektur Gereja Katolik Purbalingga terhadap Kenyamanan Thermal dalam Bangunan*. Hasil penelitian yang tidak di publikasikan. Purwokerto : Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto