



Studi Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal *Gypsum* dan *Sandwich* Panel Sebagai Material Dinding *Paint Dry Room*

Rizka Hazizah¹, Yudhi Chandra Dwiaji²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

¹rizka.hazizah@gmail.com*, ²yudhichandra7@gmail.com

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in manufacturing guitar musical instruments. One of the processes in making guitars is the process of painting the guitar body which aims to give color to the guitar body and protect the guitar body from damage to external elements. After the painting, the guitar body must be dried at a certain temperature to get a nice and shiny color result. To fulfill these results, a paint dry room is needed to maintain a room temperature of 42.1°C - 42.5°C, but also does not have a heat impact on the outdoor environment. Currently, there is no standard wall material that can be used as a paint dry room wall. This study uses an experimental method to determine the thermal conductivity of gypsum and sandwich panels, then calculates the thermal conductivity and simulates a comparison with the software. The calculation result based on the thermal conductivity formula is that gypsum has a thermal conductivity of 0.059 [W/m°C] and a sandwich panel thermal conductivity of 0.142 [W/m°C]. This proves that gypsum has better insulating properties than sandwich panels. This study found that gypsum walls are more profitable to be used as paint dry room wall materials.

Keywords: paint dry room, gypsum, sandwich panel, thermal conductivity.

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur pembuatan alat musik gitar. Salah satu proses dalam pembuatan gitar adalah proses pengecatan *body* gitar yang bertujuan untuk memberikan warna pada *body* gitar dan melindungi *body* gitar dari kerusakan elemen luar. Setelah proses pengecatan, *body* gitar harus dikeringkan pada suhu tertentu untuk mendapatkan hasil warna yang bagus dan mengkilap. Untuk memenuhi hasil tersebut, diperlukan sebuah *paint dry room* yang mampu mempertahankan temperatur ruangan sebesar 42.1°C - 42.5°C, namun juga tidak memberikan dampak panas pada lingkungan di luar ruangan. Saat ini belum ada standar material dinding yang bisa digunakan sebagai dinding *paint dry room*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui konduktivitas termal *gypsum* dan *panel sandwich*, lalu dilakukan perhitungan konduktivitas termal dan simulasi perbandingan dengan *software*. Hasil perhitungan berdasarkan rumus konduktivitas termal adalah *gypsum* memiliki konduktivitas termal 0.059 [W/m°C] dan konduktivitas termal *panel sandwich* sebesar 0.142 [W/m°C]. Hal ini membuktikan bahwa *gypsum* memiliki sifat isolator yang lebih baik dibandingkan dengan *panel sandwich*. Dengan penelitian ini didapatkan hasil bahwa dinding *gypsum* lebih menguntungkan untuk dijadikan material dinding *paint dry room*.

Kata kunci: *paint dry room*, *gypsum*, *panel sandwich*, konduktivitas termal.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam menunjang sebuah proses produksi kian berkembang, termasuk kepada pemilihan jenis dinding ruang untuk menunjang pencapaian hasil proses yang diinginkan. Pada proses pengecatan *body* gitar terdapat proses pengeringan cat yang merupakan bagian terpenting untuk mendapatkan hasil warna yang bagus dan mengkilap. Untuk memenuhi hasil tersebut, diperlukan sebuah *paint dry room* yang mampu mempertahankan temperatur ruangan sebesar 42.1°C - 42.5°C, namun juga tidak memberikan dampak panas pada lingkungan di luar

ruangan. Maka dari itu, diperlukan dinding oven yang diberi penyekat atau isolasi yang berfungsi agar tidak banyak panas yang hilang ke luar dari dalam oven [1].

Dalam menentukan material penyusun dinding yang cocok untuk dijadikan dinding *paint dry room*, harus diketahui konduktivitas termalnya. Konduktivitas termal adalah nilai yang menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir di dalam bahan [2]. Jadi bahan yang mempunyai konduktivitas termal tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut *isolator* [3]. Saat ini PT. XYZ menggunakan 2 jenis material yang berbeda sebagai dinding *paint dry room*, yaitu *gypsum* dan *panel*

sandwich. Hal ini disebabkan belum adanya spesifikasi *paint dry room* yang memenuhi standar perusahaan tersebut.

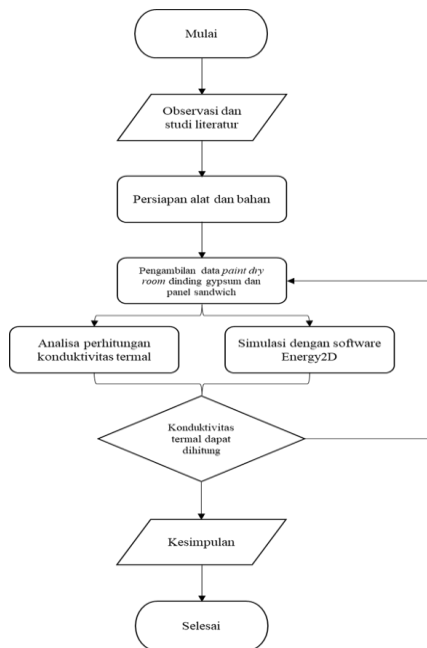
Gypsum (drywall/sheetrock) merupakan material yang umum digunakan sebagai plafon atau dinding, juga pelapis dinding bata pengganti plesteran [4]. Papan *gypsum* biasa digunakan untuk dinding ruangan dan partisi ruangan, memiliki bentuk yang pada dan kering sehingga sangat memudahkan proses pemasangannya [5]. Material *gypsum* terbuat dari mineral *gypsum* atau kalsium sulfat yang diproses dengan menambahkan bahan-bahan lainnya hingga menjadi lembaran dengan karakteristik khas. Papan *gypsum* dapat menahan panas dan menghambat api dikarenakan serat/fiber serta kertas yang melapisi papan dan dapat menghambat rambatan api [6].

Sandwich panel adalah bahan bangunan yang memiliki struktur tiga-lapis yang terdiri dari dual embar bahan keras (logam, PVC, *fiberboard*, piring magnesit) dan di antaranya lapisan isolasi. Dalam konstruksi komersial, *panel sandwich* digunakan untuk pembangunan bangunan prefabrikasi berdasarkan pada rangka baja [7].

Nilai konduktivitas termal dari beberapa bahan isolator sudah diketahui sebelumnya. Namun, untuk mengetahui nilai aplikasi kenyataan berdasarkan empiris yang dilakukan di lapangan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dalam penelitian ini, konduktivitas termal material *gypsum* dan *panel sandwich* akan dibandingkan untuk mendapatkan *isolator* dinding yang lebih sesuai untuk *paint dry room*.

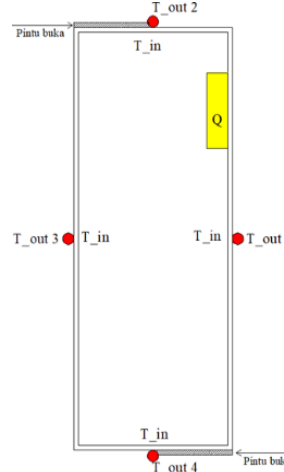
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang terdiri atas beberapa proses dan ditampilkan dalam diagram alir di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir umum

Metode eksperimen diawali dengan menyiapkan ruangan pengeringan cat berdinding *gypsum* dan ruangan pengeringan cat berdinding *panel sandwich* dengan dimensi 3000x8000x2000 mm. Nilai konduktivitas termal didapatkan dengan cara menempelkan satu titik *thermocouple* pada setiap tengah-tengah permukaan dinding.



Gambar 2. Titik pengukuran temperatur

Keterangan:

- Q = sumber panas
- T_{in} = Titik pengukuran temperatur permukaan dalam
- T_{out} = Titik pengukuran temperatur permukaan luar

Dimensi lapisan dinding *gypsum* dan *sandwich*:

- Panjang (p) = 8 [m]
- Lebar (l) = 3 [m]
- Tinggi (t) = 2 [m]
- Tebal *gypsum* = 0.086 [m]
- Tebal *sandwich* = 0.051 [m]

Berikut tabel pengukuran parameter penentu konduktivitas ruangan *gypsum* dan *panel sandwich* yang akan digunakan pada penelitian.

Tabel 1. Tabel Pengukuran Parameter

No.	Sisi dinding	Q [Watt]	A [m ²]
1	Gypsum 1	1000	6
2	Gypsum 2	1000	16
3	Gypsum 3	1000	16
4	Gypsum 4	1000	6
5	Sandwich 1	1000	6
6	Sandwich 2	1000	16
7	Sandwich 3	1000	16
8	Sandwich 4	1000	6

dengan keterangan sebagai berikut.

- A = luas dinding penampang [m²]
- d = tebal dinding [m]
- Q = sumber kalor [Watt]
- T_{in} = Titik pengukuran temperatur permukaan dalam
- T_{out} = Titik pengukuran temperatur permukaan luar

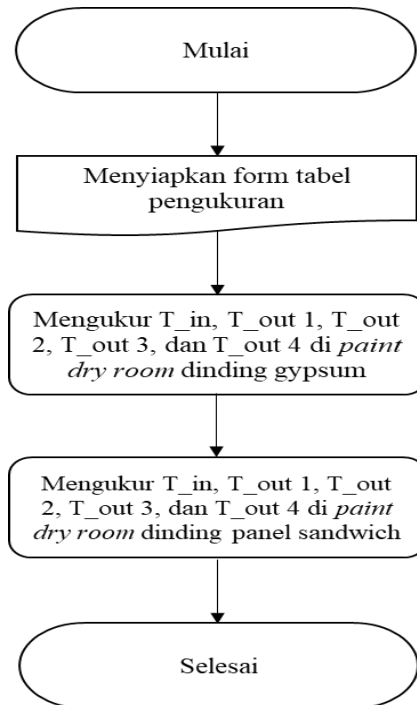
Setelah mendapatkan parameter yang dibutuhkan, selanjutnya parameter-parameter tersebut dihitung untuk mendapatkan konduktivitas termalnya.

Tabel 2. Parameter Susunan Paint Dry Room Sandwich

No	Sisi Dinding	Susunan Material	d [mm]	d [m]	k [W/m°C] ⁸
1	Gypsum 1	Gypsum board	18	0.018	0.17
		Rockwool	50	0.05	0.04
		Gypsum board	18	0.018	0.17
		total	0.086		
2	Gypsum 2	Gypsum board	18	0.018	0.17
		Rockwool	50	0.05	0.04
		Gypsum board	18	0.018	0.17
		total	0.086		
3	Gypsum 3	Gypsum board	18	0.018	0.17
		Rockwool	50	0.05	0.04
		Gypsum board	18	0.018	0.17
		total	0.086		
4	Gypsum 4	Gypsum board	18	0.018	0.17
		Rockwool	50	0.05	0.04
		Gypsum board	18	0.018	0.17
		total	0.086		

Tabel 3. Parameter Susunan Paint Dry Room Sandwich

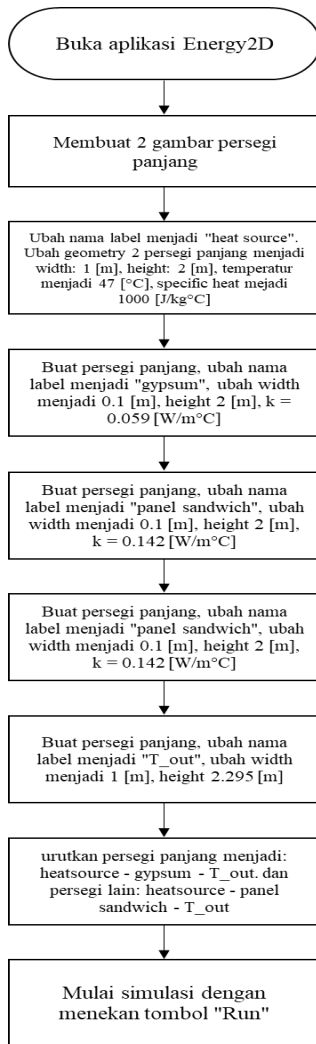
No	Sisi Dinding	Susunan Material	d [mm]	d [m]	k [W/m°C]
5	Gypsum 1	Galvanis	0.4	0.0004	52
		EPS	50	0.05	0.14
		Galvanis	0.4	0.0004	52
		total	0.0508		
6	Gypsum 2	Galvanis	0.4	0.0004	52
		EPS	50	0.05	0.14
		Galvanis	0.4	0.0004	52
		total	0.0508		
7	Gypsum 3	Galvanis	0.4	0.0004	52
		EPS	50	0.05	0.14
		Galvanis	0.4	0.0004	52
		total	0.0508		
Gypsum 4		Galvanis	0.4	0.0004	52
		EPS	50	0.05	0.14
		Galvanis	0.4	0.0004	52
		total	0.0508		



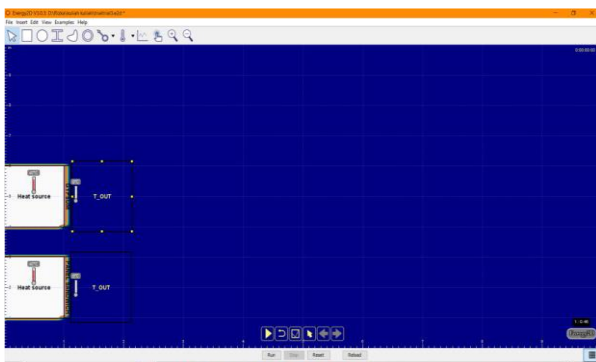
Gambar 3. Diagram analisis penelitian

Setelah dilakukan perhitungan dengan hitungan, buat simulasi menggunakan software Energy2D (<https://energy.concord.org/energy2d/download.html>), dengan tata cara seperti pada flowchart di bawah ini

Setelah membuat simulasi seperti pada flowchart di atas, maka tampilan simulasi konduktivitas termal akan terlihat seperti pada gambar di bawah ini.



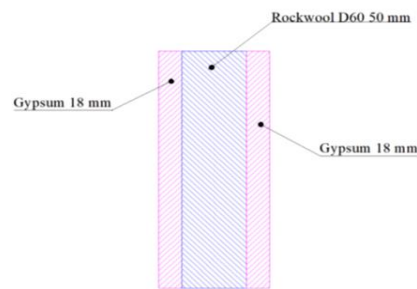
Gambar 4. Tahapan simulasi



Gambar 5 - Simulasi Konduktivitas Termal

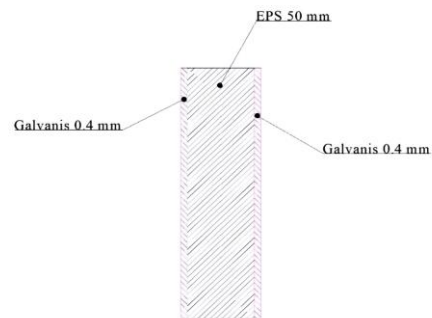
Dalam penelitian yang mana dititikberatkan untuk mengetahui konduktivitas termal *gypsum* dan *panel sandwich*, maka diperlukan alat dan bahan sebagai berikut.

1. Termometer ruangan yang digunakan adalah termometer yang terpasang pada panel *paint dry room*. Temperatur standar pada *paint dry room* adalah 42.1°C - 42.5°C.
2. *Thermal camera* adalah kamera termografi yang bisa mengubah radiasi inframerah menjadi cahaya tampak dimana akan mengubah cahaya inframerah menjadi sinyal listrik. Karena semua benda pasti memancarkan radiasi inframerah [8], dan hal ini merupakan salah satu cara panas dipindahkan. Semakin banyak radiasi inframerah yang dihasilkan, maka suatu objek akan semakin panas. *Thermal camera* dapat melihat radiasi tersebut dan mengubahnya menjadi gambar yang bisa dilihat dengan mata, bahkan dalam keadaan gelap cahaya. Standar umum warna dari hasil thermal camera adalah rona kuning-oranye yang ditampilkan pada obyek yang lebih panas. Sedangkan objek dingin ditampilkan dengan warna biru ataupun ungu. Energi inframerah yang ada pada thermal camera memiliki panjang gelombang sekitar 700 nanometer dan bisa meluas hingga 1 mm.[9]
3. *Paint dry room dinding gypsum* yang digunakan memiliki dimensi 3000x8000x2000 mm. Bahan dinding *gypsum* yaitu terbuat dari *gypsum* dengan ketebalan 18 mm, rockwool 50 mm, kemudian ditutup oleh *gypsum* dengan ketebalan 18 mm.



Gambar 6. Penampang dinding gypsum

4. *Paint dry room* dinding panel sandwich yang digunakan memiliki dimensi 3000x8000x2000 mm. Kulit panel penutup dari panel sandwich terbuat dari *galvanis*, dan jenis insulasi yang digunakan adalah *Expanded Polystyrene (EPS)* dengan ketebalan 50 mm.



Gambar 7. Penampang dinding panel sandwich

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran Temperatur Dinding

Pengujian dilakukan pada pukul 10.00 WIB dan 13.00 WIB di PT. XYZ. Rangkuman hasil pengukuran parameter pada dinding *paint dry room gypsum* dan sandwich diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel hasil pengukuran temperatur dinding

No	Sisi dinding	Q [Watt]	A [m ²]	d [m]	T _{in} [°C]	T _{out} [°C]	ΔT [°C]
1	Gypsum 1	1000	6	0.086	47	34.6	12.4
2	Gypsum 2	1000	16	0.086	47	36	11
3	Gypsum 3	1000	16	0.086	47	34	13
4	Gypsum 4	1000	6	0.086	47	36.2	10.8
5	Sandwich 1	1000	6	0.051	47	39.3	7.7
6	Sandwich 2	1000	16	0.051	47	34.2	12.8
7	Sandwich 3	1000	16	0.051	47	35	12
8	Sandwich 4	1000	6	0.051	47	38.1	8.9

Berdasarkan tabel hasil pengukuran parameter di atas, menunjukkan bahwa kemampuan dinding gypsum dalam mengisolasi panas tidak jauh berbeda dengan dinding panel sandwich. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan gypsum mengisolasi panas di *t_{out}* mencapai 34°C, dan pada dinding sandwich dengan *t_{out}* mencapai 34.2°C. Namun, *t_{out}* pada dinding *Sandwich 1* dan *Sandwich 4* panas masih terasa, yaitu data yang menunjukkan suhu 39.3°C dan 38.1°C.

3.2. Perhitungan Resistensi Termal Dinding Gypsum

Berdasarkan persamaan dan parameter susunan *paint dry room dinding gypsum* pada bagian Metode Penelitian, maka resistensi termal untuk setiap dinding sebagai berikut.

3.2.1. Resistensi termal dinding gypsum 1

a.) dinding 1 gypsum board

$$R = \frac{d}{(k.A)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = \frac{0.018}{(0.17 \times 6)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = 0.018 [K/Watt]$$

b.) dinding 1 Rockwool

$$R = \frac{d}{(k.A)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = \frac{0.05}{(0.04 \times 6)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = 0.208 [K/Watt]$$

c.) dinding 1 gypsum board

R memiliki nilai yang sama seperti pada bagian a., yaitu R = 0.018 [K/Watt] Maka, R_{total} dinding gypsum 1 adalah:

$$R_{total} = 0.018 + 0.208 + 0.018$$

$$R_{total} = 0.2436 [K/Watt]$$

3.2.2. Resistensi termal dinding gypsum 2

a.) dinding 2 gypsum board

$$R = \frac{d}{(k.A)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = \frac{0.018}{(0.17 \times 16)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = 0.007 [K/Watt]$$

b.) dinding 1 Rockwool

$$R = \frac{d}{(k.A)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = \frac{0.05}{(0.04 \times 16)} \left[\frac{m}{\frac{W}{K.m^2}} \right]$$

$$R = 0.078 [K/Watt]$$

c.) dinding 2 gypsum board

R memiliki nilai yang sama seperti pada bagian a., yaitu R = 0.007 [K/Watt]

R_{total} dinding gypsum 2 adalah:

$$R_{total} = 0.007 + 0.078 + 0.007$$

$$R_{total} = 0.0914 [K/Watt]$$

3.2.3. Resistensi termal dinding gypsum 3

Resistensi termal dinding gypsum 3 memiliki nilai yang sama seperti pada dinding gypsum 2, maka resistensi termal total adalah sebesar 0.0914 [K/Watt].

3.2.4. Resistensi termal dinding gypsum 4

Resistensi termal dinding gypsum 4 memiliki nilai yang sama seperti pada dinding gypsum 1, maka resistensi termal total adalah sebesar 0.2436 [K/Watt].

3.3. Perhitungan Panas Yang Dialirkan (Q)

3.3.1 Perhitungan panas yang dialirkan dinding gypsum.

Berdasarkan persamaan sebelumnya, didapatkan panas yang dialirkan pada dinding gypsum sebesar:

Tabel 5. Panas yang dialirkan dinding gypsum

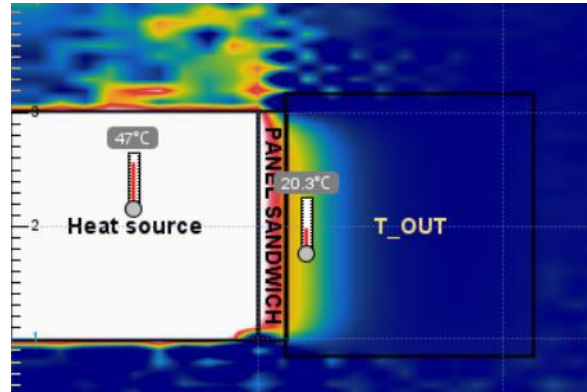
No	Sisi dinding	Total R	ΔT [°C]	Q [Watt]
1	Gypsum 1	0.2436	12.4	50.897
2	Gypsum 2	0.0914	11	120.402
3	Gypsum 3	0.0914	13	142.294
4	Gypsum 4	0.2436	10.8	44.33

3.3.2 Perhitungan panas yang dialirkan dinding sandwich.

Total panas yang dialirkan ke-empat sisi dinding sandwich dijelaskan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 6. Panas yang dialirkan dinding sandwich

No	Sisi dinding	Total R	ΔT [°C]	Q [Watt]
1	Sandwich 1	0.0595	7.7	129.354
2	Sandwich 2	0.0223	12.8	573.415
3	Sandwich 3	0.0223	12	537.577
4	Sandwich 4	0.0595	8.9	149.514



Gambar 8. Simulasi perpindahan panas dengan panel sandwich

3.4 Perhitungan Konduktivitas Termal

Berdasarkan persamaan sebelumnya, didapatkan konduktivitas termal papan gypsum dan panel sandwich sebagai berikut.

3.4.1 Perhitungan konduktivitas termal gypsum

- a.) gypsum 1
 $k = 0.059$ [W/m°C]
- b.) gypsum 2
 $k = 0.059$ [W/m°C]
- c.) gypsum 3
 $k = 0.059$ [W/m°C]
- d.) gypsum 4
 $k = 0.059$ [W/m°C]

3.4.2 Perhitungan konduktivitas termal sandwich

- a.) sandwich 1
 $k = 0.142$ [W/m°C]
- b.) sandwich 2
 $k = 0.142$ [W/m°C]
- c.) sandwich 3
 $k = 0.142$ [W/m°C]
- d.) sandwich 4
 $k = 0.142$ [W/m°C]

Dari hasil perhitungan konduktivitas termal (k) antara 4 dinding gypsum dan 4 dinding panel sandwich, didapatkan k gypsum = 0.059 [W/m°C], dan k sandwich = 0.142 [W/m°C]. Hasil ini membuktikan bahwa k gypsum lebih kecil dibanding k sandwich. Gypsum memiliki sifat isolator yang lebih baik untuk digunakan sebagai material dinding paint dry room.

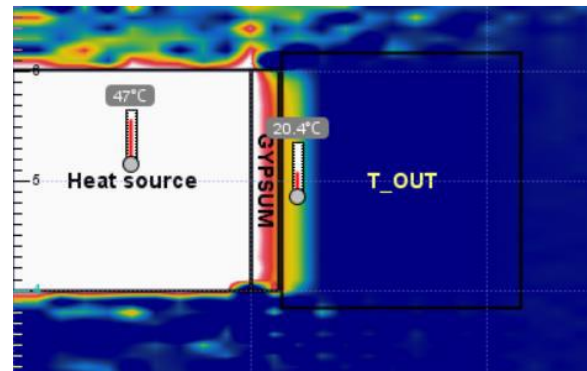
3.5. Simulasi Konduktivitas Termal Dengan Software

Berdasarkan persamaan sebelumnya, maka resistensi termal untuk setiap dinding sebagai berikut.

Tabel 7. Tabel material simulasi

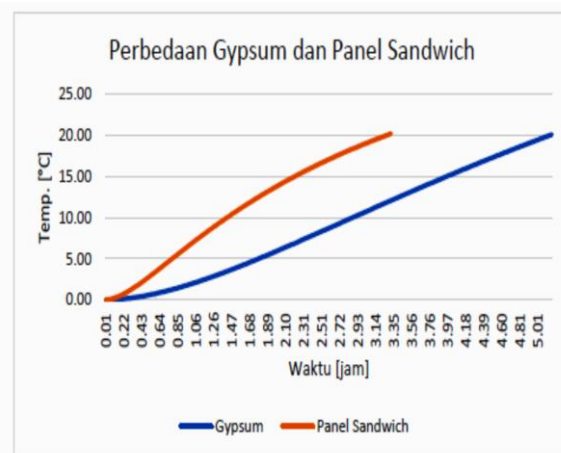
No	Material	Panjang [m]	Tinggi [m]	k [W/m°C]
1	Gypsum	0.086	2	0.059
2	Panel Sandwich	0.051	2	0.142

Pada gambar 8, ditunjukkan simulasi perpindahan panas dari heat source melalui dinding panel sandwich. Simulasi menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu selama 3.32 jam untuk perpindahan panas melalui dinding panel sandwich mencapai 20.3°C



Gambar 9. Simulasi perpindahan panas dengan panel gypsum

Pada gambar 9, ditunjukkan simulasi perpindahan panas dari heat source melalui dinding gypsum. Simulasi menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu selama 5.18 jam untuk perpindahan panas melalui dinding panel sandwich mencapai 20.4°C. Perbandingan kedua material dinding dapat dilihat pada grafik di bawah



Gambar 10. Grafik perbandingan dinding gypsum dan panel sandwich

3.6. Pembahasan Material Yang Dibandingkan

Seperti yang sudah dijelaskan dibagian sebelumnya, didapatkan $k_{gypsum} = 0.059$ [W/m°C], dan $k_{sandwich} = 0.142$ [W/m°C]. Hasil ini membuktikan bahwa $k_{papan\ gypsum}$ lebih kecil dibanding $k_{panel\ sandwich}$. *Gypsum* memiliki sifat isolator yang lebih baik untuk digunakan sebagai material dinding *paint dry room*. Konduktivitas termal papan *gypsum* lebih rendah dikarenakan papan *gypsum* yang dipakai memiliki ketebalan 0.086 [m], sementara papan *sandwich* hanya memiliki ketebalan 0.051 [m]. Dalam susunan materialnya, papan *gypsum* lebih diuntungkan karena susunannya yang berupa 2 *gypsum board* setebal 0.018 [m] yang memiliki lapisan *rockwool* setebal 0.05 [m] di tengahnya. Sementara *panel sandwich* disusun oleh EPS board setebal 0.05 [m] yang dilapisi oleh 2 galvanis setebal 0.0004 [m] di sisi kanan dan kirinya. Lapisan galvanis pada panel *sandwich* memiliki k_{52} [W/m°C] yang mempercepat laju perpindahan panas. Daftar ketebalan susunan papan *gypsum* dan *panel sandwich* dapat dibaca pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel 8. Tabel susunan papan gypsum

Susunan Gypsum [mm]	d (Thickness) [mm]
Gypsum board	0.018
Rockwool	0.05
Gypsum board	0.018
Jumlah	0.085

Tabel 9. Tabel susunan panel sandwich

Susunan Sandwich [mm]	d (Thickness) [mm]
Galvanis	0.0004
EPS	0.05
Galvanis	0.0004
Jumlah	0.051

Pada penelitian ini diperoleh konduktivitas termal *gypsum* dapat mencapai 0.059 [W/m°C] dikarenakan papan *gypsum* yang diuji memiliki lapisan *rockwool* yang lebih tebal di dalamnya dan mendapatkan konduktivitas termal sebesar 0.142 [W/m°C].

Pada grafik 10 ditunjukkan bahwa dinding *gypsum* membutuhkan waktu yang lebih lama dalam memindahkan panas daripada dinding *panel sandwich*. Hal ini menunjukkan bahwa dinding *gypsum* lebih efektif dalam memperlambat laju perpindahan panas. Untuk itu dibuat perhitungan efektivitas berdasarkan pembagian waktu antara dinding *sandwich* dengan dinding *gypsum*, seperti dijelaskan di bawah ini.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Waktu yang dibutuhkan dinding sandwich}}{\text{Waktu yang dibutuhkan dinding gypsum}} \times 100\%$$

$$\text{Efektivitas} = \frac{3.32 \text{ [jam]}}{5.18 \text{ [jam]}} \times 100\%$$

$$\text{Efektivitas} = 64\%$$

Hal ini menunjukkan bahwa dinding *gypsum* terhitung lebih efektif dalam memperlambat perpindahan panas, yaitu sebanyak 64%.

4. Kesimpulan

- Berdasarkan analisa data yang telah dibahas, didapatkan kesimpulan bahwa angka konduktivitas termal pada dinding *paint dry room* bermaterial *gypsum* adalah sebesar 0,059 W/m°C, dan pada dinding bermaterial *sandwich* adalah sebesar 0,142 W/m°C.
- Penggunaan *paint dry room* bermaterial *gypsum* lebih efektif sebesar 64% dalam mengisolasi panas, daripada *paint dry room* bermaterial panel *sandwich*. Sehingga material *gypsum* dapat dijadikan standar material dinding *paint dry room* di PT. XYZ.

Daftar Rujukan

- S. R. Said, "Pengembangan Oven Cat untuk Keperluan Praktik di Bengkel Fabrikasi," pp. 1–15, 2014.
- B. S. Ardana, A. Akbar, and Y. S. Pramesti, "Rancang Bangun Alat Konduktivitas Thermal Logam," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 182–187, 2021.
- A. Mursadin and R. Subagyo, "Perpindahan Panas I Hmkk 453," *Progr. Stud. Tek. Mesin Fak. Tek. Univ. Lambung Mangkurat*, pp. 1–51, 2016.
- J. A. (2019). Putra, A. P., Nugroho, I. I., Putra, R. M., & Km, "PERANCANGAN UNIT CUTTING FIBER PADA MESIN PEMBUAT GYPSUM (DRYWALL) DENGAN MEKANISME CAM Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin , Politeknik ATMI Surakarta Abstrak Mesin pembuat gypsum dirancang untuk membantu beberapa proses yang masih manua," pp. 1–15, 2019.
- R. Sihotang, B. Muhamad Suherlan, and D. Rahmawaty, "Analisis Perbandingan Penggunaan Gypsum, Grc, Acp, Panel Anyaman Rotan Sintetis Dalam Interior Rumah Dan Gedung," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 2, pp. 43–54, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i2.132.
- R. Pratama, M. Dirhamsyah, and Nurhaida, "SIFAT FISIK DAN MEKANIK PAPAN GIPSUM DARI LIMBAH KAYU AKASIA (Acacia mangium Willd) BERDASARKAN KADAR GIPSUM DAN UKURAN SERBUK KAYU," *J. Hutan Lestari*, vol. 7, no. 1, pp. 305–315, 2019, doi: 10.26418/jhl.v7i1.31800.
- A. Setiawan, S. Setiono, and I. H. Prasetyo, "Analisis Value Engineering Pada Pelaksanaan Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Merah Dan Sandwich Panel," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 11, no. 3, p. 314, 2024, doi: 10.20961/mateksi.v11i3.71869.
- P. W. Budiarti, "Thermal Signature Manusia Pada Saat Aktifitas Jogging Thermal Signature Analysis of Human Face During Jogging Activity With," 2016.
- E. D. D. Rianti, "Pemanfaatan Sinar Infra Merah Terhadap Kesehatan Manusia," *J. Ilm. Kedokt. Wijaya Kusuma 2*, pp. 1–12, 2022.