

# PENGARUH DINDING INSULASI TERHADAP KENYAMANAN TERMAL PADA BANGUNAN HUNIAN

Studi Kasus : Rumah Kontrakan di Yogyakarta

**Indah Suciani Dwiminanti<sup>1</sup>, Saferro Ananda Daniel<sup>2</sup>, Sita Yulastuti Amijaya<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana,  
Email: indahdwiminanti@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana,  
Email: saferro.daniel@students.ukdw.ac.id

<sup>3</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana,  
Email: sitaamijaya@staff.ukdw.ac.id (*correspondent author*)

## Abstrak

Masa pandemi saat ini rumah kediaman merupakan faktor utama dalam kehidupan sehari-hari, karena selama masa pandemi rumah menjadi tempat hampir dari keseluruhan kegiatan baik bekerja, belajar, berkumpul dan beristirahat yang merupakan fungsi utama dari rumah. Dengan cepatnya pertumbuhan penduduk berdampak pada semakin banyaknya bangunan hunian yang dibangun dan hal tersebut menyebabkan meningkatnya kepadatan pada suatu kota, maka dari faktor tersebut merupakan salah satu penyebab meningkatnya suhu kota. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dinding insulasi terhadap kenyamanan termal pada bangunan hunian. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survei dengan mengambil data terhadap suhu dalam pada bangunan dan memilih satu ruang yang berpotensi sering panas. Data suhu diukur dengan menggunakan aplikasi *Thermohygrometer*, pengukuran dilakukan pada siang dan malam hari selama dua hari. Kemudian dilakukan simulasi insulasi dinding dengan material berupa jerami pada dinding ruang dengan *software Design Builder*. Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa adanya perubahan suhu pada ruang yang menggunakan insulasi dinding menggunakan jerami. Hal ini dikarenakan jerami memiliki nilai konduktivitas lebih rendah dari dinding bata pada umumnya.

**Kata kunci:** kenyamanan termal, jerami, rumah, dinding insulasi.

## Abstract

**Title :** *The Effect of Wall Insulation on Thermal Comfort in Residential Building*

*During the current pandemic, residential homes are a major factor in everyday life, because during the pandemic period the house becomes the place for almost all activities, whether working, studying, gathering and resting, which are the main functions of the house. The rapid population growth has an impact on the increasing number of residential buildings being built and this causes an increase in density in a city, therefore this factor is one of the causes of increasing city temperatures. This study aims to determine the effect of wall insulation on thermal comfort in residential buildings. The data collection technique is carried out by conducting a survey by taking data on the internal temperature in the building and selecting a room that has the potential to be hot often. Temperature data was measured using a Thermohygrometer application, measurements were made during the day and night for two days. Then a simulation of wall insulation with*

*material in the form of straw is carried out on the walls of the room with Design Builder software. The results of this study prove that there is a change in temperature in a room that uses wall insulation using straw. This is because straw has a lower conductivity value than brick walls in general.*

**Keywords:** *thermal comfort, thatch, house, wall insulation.*

## Pendahuluan

Rumah merupakan tempat untuk beristirahat, berlindung dari panas matahari, hujan dan hawa dingin; serta tempat berkumpul anggota keluarga. Rumah sebagai tempat tinggal dipengaruhi banyak faktor. Tidak hanya fungsional, dalam arti bisa digunakan untuk beraktivitas sehari - hari, namun rumah juga harus membuat penghuninya merasa nyaman.

Bangunan satu lantai memiliki peluang besar untuk menggunakan penghawaan alami serta memanfaatkan vegetasi di sekeliling bangunan. Jika dilihat dari kondisi saat ini, sudah banyak bangunan satu lantai maupun bertingkat di daerah perkotaan yang tidak memiliki ruang terbuka hijau dan memenuhi standar KDB yang ada. Bangunan berdiri pada lahan yang terbatas dan berdempetan dengan bangunan di sampingnya, di mana hanya memanfaatkan kondisi lingkungan sekitar saja dan akan sangat bergantung pada penghawaan buatan. Pada saat matahari masuk ke dalam bangunan, hal yang harus diingat adalah cahaya matahari juga membawa energi panas yang dapat mengganggu bila tidak dikondisikan dengan baik.

Kenyamanan termal dalam ruang tidak dapat dilepaskan oleh suhu udara, yakni indikator yang paling awal digunakan sebagai tolok ukur kenyamanan. Menurut hasil data Badan Pusat Statistik (BPS) DIY pada tahun 2018, menunjukkan bahwa suhu udara tertinggi tercatat sebesar 31,6 oC di bulan Juni. Sedangkan suhu udara terendah sebesar 21,3 oC di bulan Agustus. Di Indonesia, jika dilihat pada Standar Kenyamanan Termal berdasarkan pada SNI 03-6572-2001 dengan Temperatur Efektif (TE), yang termasuk suhu nyaman adalah sebagai berikut :

- Sejuk - Nyaman (TE) = 20.5° – 22.8° C
- Nyaman Optimal (TE) = 22.8° – 25.8° C
- Hangat - Nyaman (TE)= 25.8° – 27.2° C

Naiknya suhu pada kota Yogyakarta tidak luput dari meningkatnya kepadatan bangunan saat ini. Berdasarkan Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2020 menunjukkan perubahan alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian bertambah, rata-rata penurunan lahan pertanian dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2015 adalah 226,31 hektar atau 0,42% per tahun. Penurunan lahan pertanian tertinggi adalah pada tahun 2013-2014 sebesar 677 hektar. Meningkatnya kepadatan bangunan yang terjadi menyebabkan tata ruang kota menjadi terdampak terutama pada sirkulasi dan juga gas emisi bangunan yang terus meningkat.

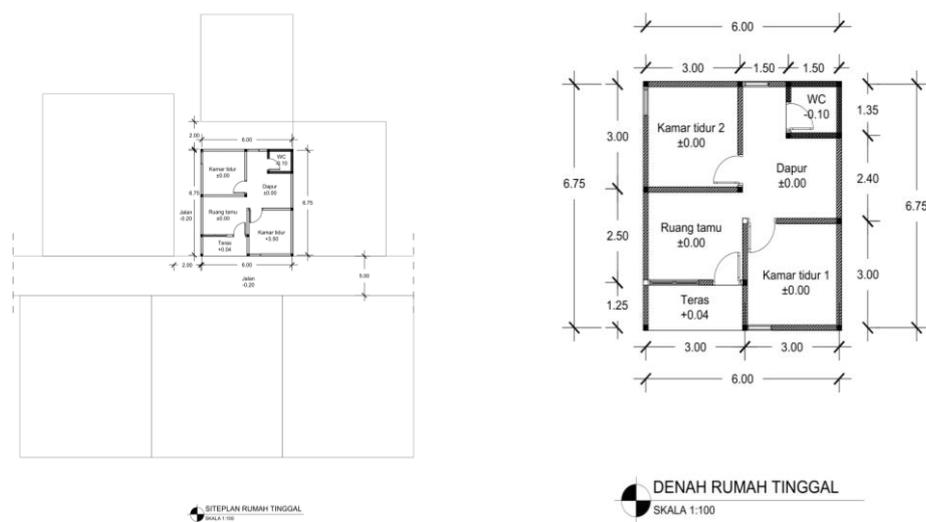
Adaptasi lingkungan bangunan dapat direspon secara arsitektural yakni dengan rekayasa desain yang memperhatikan kulit bangunan, bentuk massa, bukaan ventilasi peneduh, orientasi, tata ruang luar dan kelembapan atau pengeringan udara. Dari keenam langkah di atas dapat mengurangi suhu sekitar beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis. Salah satu faktor yang bisa mempengaruhi kondisi suhu ruang adalah kulit bangunan atau elemen-elemen selubung bangunan yaitu atap, dinding dan lantai yang sangat besar pengaruhnya terhadap kondisi ruang dalam bangunan. Bagian yang mempunyai variasi paling besar dalam kehadirannya adalah dinding. Dinding dalam hal ini adalah termasuk semua bagian yang menjadi elemen penyusun dinding tersebut. Mengingat karakteristik material selubung bangunan berkaitan erat dengan penyimpanan panas, isolasi terhadap panas, temperatur puncak, maka penggunaan material diharapkan bisa memenuhi kriteria *thermal properties* yaitu *Density*, *Conductivity*, *Specific heat* (Sugini, 2014).

Adapun material yang dipilih adalah jerami padi. Jerami (damen) dan sekam pada kondisi mentah tanpa pengolahan lanjutan dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Jerami dapat dimanfaatkan sebagai material utama atap atau bahkan dinding bangunan (Wiguna, 2020). Begitu juga semisal pemanfaatan jerami sebagai bahan insulasi dinding. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil dari pengaruh dinding insulasi terhadap kenyamanan termal pada bangunan hunian.

## Metode Penelitian

### 1. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Rumah Kontrakan di Jl. Jemb. Merah IV No.530, Soropadan, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



**Gambar 1. Site dan denah studi kasus**

Sumber : dokumentasi penulis

## 2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

- a. Melakukan survei dengan mengambil data terhadap suhu dalam pada bangunan, pada satu ruang yang berpotensi sering panas. Data suhu dengan menggunakan *Thermohygrometer* dan simulasi software Design Builder. Setelah itu memilih ruang dengan suhu paling tinggi sebagai objek analisis.

**Tabel 1. Data pengumpulan data suhu ruangan**

Nama Ruang	Hari	Suhu	
		Siang	Malam
Ruang Tamu	Jumat	27	29
	Sabtu	31	27
Kamar tidur 1	Jumat	27	29
	Sabtu	32	31
kamar tidur 2	Jumat	24	29
	Sabtu	29	28
Dapur	Jumat	25	27
	Sabtu	29	27
WC	Jumat	25	27
	Sabtu	29	25

Sumber : dokumentasi penulis



**Gambar 2. Foto bangunan studi. Material dinding bangunan berupa batu bata**  
Sumber : Dokumentasi penulis

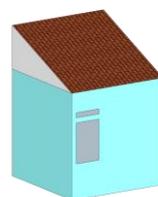
- b. Studi literatur untuk teori-teori kenyamanan sebuah ruang, dan SNI yang berlaku untuk dinding bangunan hunian.
- c. Wawancara dengan penghuni rumah.

### 3. Metode Analisis Data

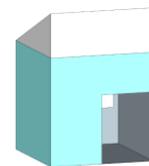
Dari data lapangan yang didapatkan kemudian didokumentasi dan dianalisis berdasarkan teori dan selama berlangsungnya penelitian berkaitan dengan kenyamanan termal pada ruang. Dilakukan simulasi insulasi dinding dengan material berupa jerami pada dinding ruang dengan *software Design Builder* untuk mencari variabel suhu ruangan sebelum menggunakan insulasi dinding dan setelah insulasi. Dalam kajian ini berfokus pada standar kenyamanan termal ruang menggunakan Standar Kenyamanan Termal di Indonesia yaitu SNI 03-6572-2001.



**Gambar 3. Rekayasa 3D ruang studi kasus, posisi ruang terpilih dari luar.**  
Sumber : dokumentasi penulis



**Gambar 4. Rekayasa 3D perspektif kamar tidur 1**  
Sumber : dokumentasi penulis

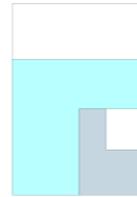


**Gambar 5. Rekayasa 3D perspektif 2 kamar tidur 1**  
Sumber : dokumentasi penulis



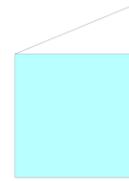
**Gambar 6. Rekayasa 3D tampak depan kamar tidur 1**

Sumber : dokumentasi penulis



**Gambar 7. Rekayasa 3D tampak belakang kamar tidur 1**

Sumber : dokumentasi penulis



**Gambar 8. Rekayasa 3D tampak samping kamar tidur 1**

Sumber : dokumentasi penulis

## LANDASAN TEORI

Kenyamanan *thermal* adalah suatu keadaan dari pemikiran manusia yang menunjukkan adanya kepuasan dengan lingkungan *thermal* (Nugroho, 2011 hal 5). Faktor - faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal pada sebuah bangunan terbagi menjadi 5 faktor di antaranya :

1. Temperatur Udara
2. Kelembaban Udara
3. Kecepatan Angin
4. Insulasi Pelapis Bangunan
5. Aktivitas Pengguna Hunian

### Material Dinding dan selubung Bangunan

Ayuningtyas et al. (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pemilihan jenis material dinding cukup memberikan efek yang tinggi terhadap suhu atau temperatur kenyamanan bangunan di dalamnya selain dari kaca.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sangkertadi tahun (2013) menunjukkan bahwa rasa nyaman pada ruang luar termasuk kategori sejuk di suhu 26 – 27,5 °C dengan kecepatan angin di atas 3 m/s, kategori nyaman bila suhu berada pada 26 – 30 °C dengan kecepatan angin 2 – 4 m/s, tergolong agak panas apabila suhu di atas 32 °C dengan kecepatan angin hanya di bawah atau sama dengan 1,5 °C, tergolong sangat tidak nyaman dan sakit apabila suhu berada 31 - 33 °C dengan kecepatan angin 0,5 – 1 m/s.

Konduktivitas termal merupakan suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah sifat suatu zat yang mengalami perpindahan panas tinggi. Konduktivitas termal tergantung pada suhu dan memiliki ketergantungan yang agak kuat untuk berbagai konstruksi dan bahan teknik lainnya. Ketergantungan ini biasanya dinyatakan dengan suatu hubungan linier. Akan tetapi suhu rata-rata bahan itu sering tidak diketahui.

Konduksi termal adalah suatu fenomena perpindahan di mana perbedaan temperatur menyebabkan perpindahan energi termal dari satu daerah benda yang panas atau bersuhu tinggi ke daerah benda yang temperaturnya yang lebih rendah. Panas yang dipindahkan dari satu titik ke titik lain dapat dipindahkan melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konduktivitas termal erat kaitannya dengan daya hantar panas suatu bahan. Kemampuan menghantarkan panas setiap bahan itu berbeda dikarenakan nilai konduktivitas termal dari setiap bahan tersebut juga berbeda.

Konduktivitas suhu (*thermal conductivity* -  $\lambda$ ) dan tentunya juga tahanan bervariasi tergantung pada tipe material, kerapatan dan rongga, konten 37 air/kelembaban, kombinasi udara dan material. Tabel 3 dan 4. merupakan beberapa nilai  $\lambda$  dari bahan bangunan di Indonesia.

**Tabel 3. Konduktivitas termal dari beberapa material**

Material / bahan bangunan				
• Lantai	Dimensi		Thermal Conductivity	1 W/mK
	Warna	krem	Density	2500 kg/m
	Material	granit	Specific Heat Capacity	840 J/kgK
• Dinding	Warna cat	putih	Thermal Conductivity	0.16 W/mK
	Material	Batu bata	Density	1000 kg/m <sup>3</sup>
	Material lapis bawah	Keramik setinggi 1 m warna putih	Specific Heat Capacity	1000 J/kgK
• Pintu jendela	Dimensi	variant	Thermal Conductivity	1 W/mK
	Warna	natural	Density	2500 kg/m
	Material	Kayu kaca	Specific Heat Capacity	c : 750 J/kgK
• atap	Material	genteng	Thermal Conductivity	1.35 W/mK
	Warna	natural	Density	2000 kg/m
			Specific Heat Capacity	1000 J/kgK
• plafond	Material	genteng	Thermal Conductivity	0.25 W/mK
			Density	900 kg/m
	Warna	natural	Specific Heat Capacity	1000 J/kgK

Sumber : Hendrowibowo, 2018

**Tabel 4. Tabel Konduktivitas termal dari beberapa material**

	Konduktivitas Termal (W/m.K)	
	Hasil Pengukuran	Referensi
Papan fiber semen	0,211	0,18 <sup>1)</sup> 0,21 <sup>2)</sup>
Papan gypsum	0,131	0,166 ± 0,0106 <sup>3)</sup>
Bata merah	0,407	0,150 - 0,380 <sup>4)</sup>
Bata ringan	0,172	0,132 <sup>5)</sup> 0,11 - 0,21 <sup>6)</sup> 0,16 <sup>7)</sup>

Sumber: Suhedi, 2014

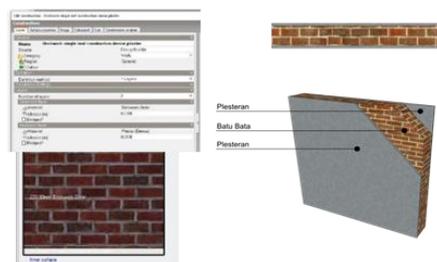
Insulasi adalah penggunaan material dengan nilai konduktan rendah untuk mengurangi aliran energi. Insulasi adalah penggunaan material dengan nilai konduktan rendah untuk mengurangi aliran energi melintas material tersebut. Untuk mereduksi aliran energi tersebut material harus mempunyai nilai resistan yang tinggi (nilainya kebalikan dari konduktan). Selama periode 20 tahun terakhir, tumbuhan berbasis selulosa serat telah menjadi penting sebagai bahan baku untuk isolasi termal seperti jelai, triticale, rye, gandum dan jerami padi, rami, serat rami dan jelatang atau shives, reed, cattail dan lainnya (Gailius, Vėjelis 2010 dalam Vėjelienė, 2012). Untuk pembuatan bahan isolasi termal dari sumber daya terbarukan, konduktivitas termal yang tersedia adalah sekitar 0,041 W/(m K) dan bahkan lebih rendah (Beck, 2003 dalam Vėjelienė, 2012). Jerami di laboratorium biasanya diuji dalam jumlah besar dan kepadatannya berkisar antara 40 hingga 60 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan jerami pada konstruksi dikompresi menjadi 90 - 110 kg/m<sup>3</sup>. Kepadatan seperti itu dalam struktur diperlukan untuk memastikan jerami tidak mengendap dan mempertahankan beban jangka pendek dan jangka panjang. Penelitian ketahanan termal ruang iklim telah menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dari berbagai peneliti sangat berbeda - ketahanan termal ketebalan 2,5 cm bervariasi dari 0,176 m<sup>2</sup>-K/W hingga 0,555 m<sup>2</sup> K/W atau dihitung ulang menjadi konduktivitas termal dari 0,041 hingga 0,140 W/(m K) (Stone dalam Vėjelienė, 2012).

## Hasil dan Pembahasan

Terdapat 2 model yang akan disimulasikan yaitu pertama model 1 dinding bata dengan plesteran yang menjadi dinding eksisting dari bangunan studi dan kedua adalah model 2 dinding yang sudah diberikan insulasi jerami/ *wheat* kering sebagai insulasi dinding. Agar mendapatkan variabel terikat, maka dilakukan penyamaan ketebalan dinding antara dinding pada simulasi 1 dan simulasi 2, dengan total ketebalan dinding yang dipergunakan yakni 15 cm. Oleh karena itu, pada simulasi 2 ketebalan dinding batu bata menjadi 8 cm. Simulasi dilakukan dengan pengaturan suhu kawasan saat berada di situasi *heat peak*.

### 1. Simulasi dinding bata

Model simulasi 1 yakni dinding batu bata dengan total ketebalan dinding 15 cm dengan dimensi dan potongan seperti pada gambar.



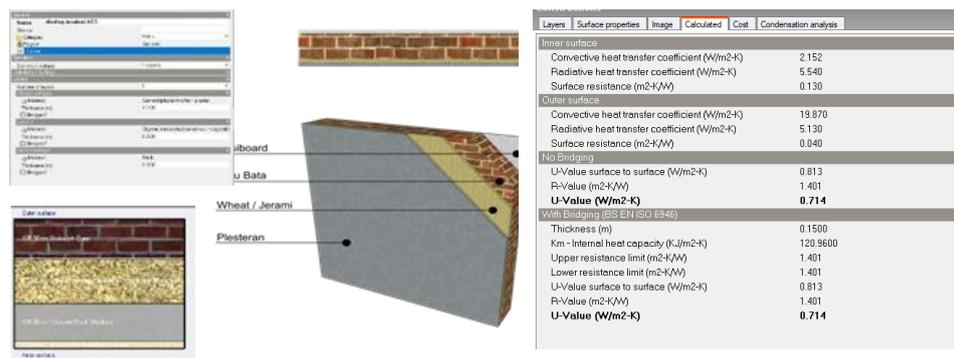
**Gambar 9. Detail material dinding**  
Sumber : simulasi *Design Builder*

Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	5.540
Surface resistance (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.130
<b>No. 1</b>	
Convective heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m <sup>2</sup> ·K)	5.130
Surface resistance (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.040
<b>No. 2</b>	
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> ·K)	3.473
R-Value (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.458
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>2.184</b>
<b>Wall Bricks (ISO EN ISO 8184)</b>	
Thickness (m)	0.2297
Kin - internal heat capacity (K·h/m <sup>2</sup> ·K)	119.2208
Upper resistance limit (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.458
Lower resistance limit (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.458
U-Value surface to surface (W/m <sup>2</sup> ·K)	3.473
R-Value (m <sup>2</sup> ·K/W)	0.458
<b>U-Value (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	<b>2.184</b>

**Gambar 10. Data koefisien rambat kalor material dinding**  
Sumber : simulasi *Design Builder*

## 2. Simulasi dinding insulasi

Model simulasi 2 yakni dinding batu bata dengan ketebalan batu bata 8 cm dan penambahan insulasi jerami / *wheat* kering dengan ketebalan 4 cm kemudian dilapisi kalsiboard dan plesteran sehingga total dinding ini sebesar 15 cm, sama seperti ketebalan dinding batu bata pada model simulasi 1 dengan dimensi dan potongan seperti pada gambar. Untuk simulasi dinding insulasi ini dilakukan pemilihan letak dinding yang terekspos pada udara luar bangunan, maka hanya 2 dinding yang diberikan insulasi.



**Gambar 11. Detail material dinding**

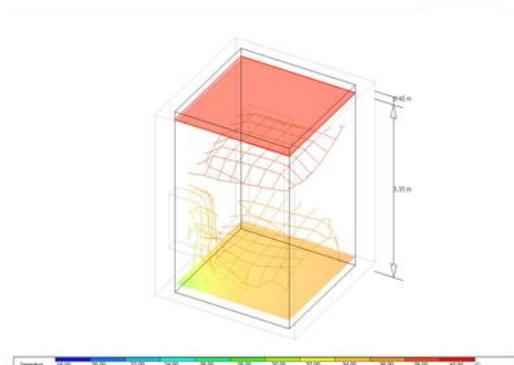
Sumber : simulasi *Design Builder*

**Gambar 12. Data koefisien rambat kalor material dinding insulasi**

Sumber : simulasi *Design Builder*

## Hasil Simulasi

### 1. Hasil simulasi dinding bata

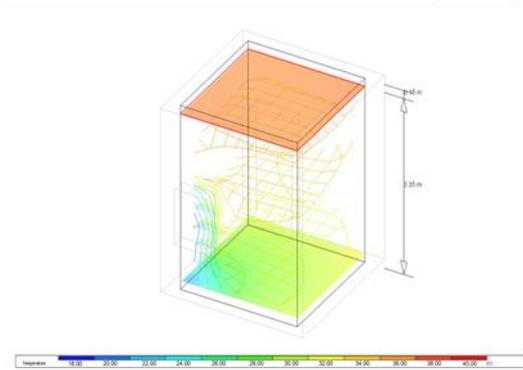


**Gambar 13. Simulasi ruang dengan dinding bata**

Sumber : simulasi *Design Builder*

Setelah dilakukan simulasi dengan software *Design Builder* didapatkan hasil bahwa ruang kamar 1 memiliki tingkat suhu yang masih di atas kenyamanan dari SNI dimana dapat dilihat pada gambar hasil simulasi rata-rata suhu ruang berada di angka 32° - 34° C.

## 2. Hasil simulasi dinding insulasi



**Gambar 14. Simulasi ruang dengan dinding insulasi**

Sumber : simulasi *Design Builder*

Simulasi kedua dilakukan dengan mengubah material pada dinding ruangan kamar dengan insulasi jerami/ *wheat* kering yang hasilnya memiliki perubahan yang cukup drastis pada simulasi dapat dilihat pada gambar bahwa suhu ruangan berubah tetapi perubahannya tidak merata. Pada bagian langit - langit ruangan menjadi memiliki temperatur yang tinggi dan bagian lantai memiliki suhu yang jauh menurun dari langit - langit dengan kisaran suhu di angka terendah 28° - 31° C.

## Kesimpulan

Terdapat 2 model yang disimulasikan yaitu pertama dinding bata dengan plesteran yang menjadi dinding eksisting dari bangunan studi dan kedua adalah model dinding yang sudah diberikan insulasi jerami/ *wheat* kering sebagai insulasi dinding. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, diketahui bahwa pada simulasi pertama berupa dinding bata dengan plesteran, ruang memiliki suhu yang masih di atas kenyamanan standar SNI dengan suhu ruang 32° - 34° C. Sementara itu pada simulasi kedua berupa dinding bata dengan insulasi jerami/*wheat* kering, ruang mengalami perubahan suhu yakni 28° - 31° C. Di mana perbedaan selisih suhu ruang yang didapatkan adalah 1° C. Sehingga dapat dikatakan material pada simulasi ke dua, yakni berupa dinding bata dengan insulasi jerami/ *wheat* kering, memiliki kemampuan untuk menyimpan panas lebih baik dibanding material pada model 1, yakni dinding batu bata.

Jadi, disimpulkan bahwa jerami/ *wheat* kering mampu menjadi material insulasi termal yang dibuktikan dengan menggunakan simulasi *Design Builder* yang membandingkan antara dinding bata dan batu bata dengan penambahan insulasi jerami / *wheat* kering.

## Daftar Pustaka

- Ayuningtyas, Sayyed. Suryabrata (2016). Analisis Material Dinding yang Berpegaruh Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Bangunan
- Badan Pusat Statistik (BPS) DIY pada tahun 2018 Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta
- Fefen Suhedi. 2014. Pengukuran Resistansi Termal Bahan Bangunan Dengan Metode Aliran Kalor Dalam Lingkungan Terkondisi. Jurnal Permukiman Vol. 9
- Hendrowibowo. 2018. Studi Penurunan Termal Untuk Penghawaan Alami Pada Bangunan Masjid Untag.
- Kenyamanan Thermal dan Insulasi. (2014). Didapat dari <http://library.binus.ac.id>.
- Pratiwi, Niniek. (2020). *Komparasi Performa Insulasi Termal Antara Dinding Batu Bata dan Batu Bata dengan Penambahan Insulasi Alang-Alang*. Vol 18. P-ISSN : 1693-6191 E-ISSN : 2715-7660. 23 - 34.
- Setiawan, T. L. (n.d.). Kenyamanan Termal. <http://repository.unika.ac.id>.
- Standar Kenyamanan Termal, SNI 03-6572-2001, Temperatur Efektif (TE),
- Sugini. 2014. Kenyamanan Termal Ruang (Konsep Penerapan pada Desain), hal 190. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Sangkertadi. 2013. Kenyamanan Termis di Ruang Luar Beriklim Tropis Lembab. Bandung : Alfabeta
- Samad, S. 2017. Pemodelan Tangkai Daun Rumbia (Gaba-Gaba) Sebagai Material Dinding Dan Kemampuan Konduktivitas Termalnya. di dapat dari <https://docplayer.info/90058974-Pemodelan-tangkai-daun-rumbia-gaba-gaba-sebagai-material-dinding-dan-kemampuan-konduktivitas-termalnya.html>.
- Wiguna. 2020. Analisa Pemanfaatan Limbah Batang Padi Sebagai Campuran Batako Terhadap Pengaruh Suhu Ruang.
- Vèjeliènè. 2012. Processed Straw As Effective Thermal Insulation For Building Envelope Constructions. Engineering Structures And Technologies.

