

Kinerja Material Bata Kapur terhadap Kenyamanan Termal Rumah Tinggal di Kabupaten Tuban

Linda Nailufar¹ dan Eryani Nurma Yulita²

¹ Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Jurusan Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: nailufar97@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal dalam bangunan mempengaruhi kenyamanan pengguna selama beraktivitas di dalam ruang. Faktor yang mempengaruhi termal bangunan selain pemanasan global adalah penggunaan material selubung atau dinding bangunan. Salah satu jenis material yang digunakan sebagai dinding bangunan adalah batu bata kapur. Material ini merupakan material lokal di Kabupaten Tuban yang merupakan daerah dengan suhu cukup tinggi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar kinerja bata kapur dalam menurunkan suhu ruang dalam pada daerah tropis. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan pengukuran langsung pada objek penelitian. Lokasi yang dipilih berdasarkan ketinggian daerah yaitu desa Grabagan, Montong dan Jalur Pantura. Terdapat dua jenis objek pada masing-masing daerah yaitu *exposed* dan plester. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kinerja material bata kapur dalam menurunkan termal ruang dalam cukup signifikan walaupun tergolong rendah dimana bata kapur *exposed* memiliki kinerja lebih baik dibanding bata kapur plester sedangkan penurunan suhu tertinggi terjadi di desa Montong sebesar 1.3 °C, kedua di desa Grabagan sebesar 1.2 °C dan di daerah Jalur Panturan dengan penurunan suhu 0.4 °C.

Kata kunci: Material dinding, Kenyamanan termal, Batu bata kapur

ABSTRACT

*Thermal comfort in a building has effects on user's comfort to do indoor activities. Factors affecting building thermal besides global warming that is the use of sheath material or building wall. One type of material used as a building wall is lime brick. This material is local material in Tuban Regency which is area with high temperature. The purpose of this study is to find out how big the performance of lime brick in lowering the temperature of deep space in the tropics. The method used in this research is quantitative descriptive method by doing direct measurement on the research object. The selected locations are based on the height of the area of Grabagan, Montong and Pantura. There are two types of objects in each region of the *eksposed* and plaster. The measurement results showed that the performance of lime brick material in reducing the inner thermal space is quite significant although it is relatively low where the lime brick *exposed* brick material has better performance than the lime plaster brick while the highest temperature drop occurs in Montong village of 1.3 °C, second in Grabagan village of 1.2 °C and in the Panturan area with the decreasing of 0.4 °C.*

Keywords: Wall materials, thermal comfort, lime brick

1. Pendahuluan

Kenyamanan termal dalam bangunan mempengaruhi kenyamanan pengguna selama beraktivitas di dalam ruang terlebih pada bangunan rumah tinggal yang memiliki intensitas tinggi terhadap penggunaan ruangnya. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh berbagai macam faktor baik dari luar maupun dari dalam bangunan itu sendiri sedangkan terjadinya penurunan suhu dipengaruhi oleh proses konveksi, konduksi dan radiasi. Salah satu faktor kenyamanan termal yaitu pemilihan dan penggunaan material dinding yang dapat mempengaruhi kenaikan termal ruang dalam bangunan. Material dinding atau kulit bangunan merupakan faktor penentu bagi kenyamanan termal dan penurunan suhu dalam bangunan (Soegijanto, 1999).

Proses kenaikan termal dalam bangunan ini terjadi melalui konduktivitas material dinding yang menggunakan jenis material tertentu sehingga panas atau radiasi matahari tidak langsung masuk ke dalam ruang melainkan terkonduksi oleh material dinding yang akan masuk ke dalam ruang. Tinggi rendahnya suhu atau termal dalam ruangan tergantung kepada tinggi rendahnya konduktivitas material. Salah satu jenis material yang digunakan sebagai dinding bangunan yaitu batu bata kapur (Werokila, 2014).

Material batu bata kapur banyak digunakan pada daerah utara Jawa Timur salah satunya Kabupaten Tuban. Dimana suhu yang ada pada Kabupaten Tuban tergolong tinggi yaitu mencapai 34 °C (climate-data.org,2016) sedangkan material batu bata kapur memiliki sifat panas, sehingga diperlukannya pengukuran untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan material batu bata kapur terhadap termal bangunan agar dapat ditentukan solusi yang tepat untuk penggunaan material dinding bangunan pada daerah Kabupaten Tuban serta material bata kapur dapat digunakan sebagai alternatif material pada daerah lainnya dalam kondisi suhu yang sama.

2. Metode

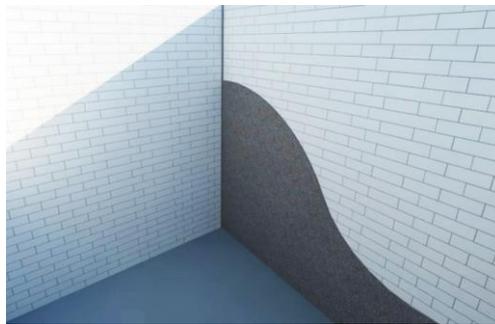
Metode yang digunakan pada penelitian di Kabupaten Tuban adalah metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan pengukuran langsung pada objek penelitian. Daerah yang dipilih berdasarkan topografi wilayah yaitu desa Grabagan 500 dpl dan Jalur Pantura 0 mdpl. Pada masing-masing desa terdapat dua objek penelitian yaitu objek dengan material bata kapur *exposed* dan objek dengan material bata kapur plester. Pemilihan objek memiliki ketinggian ruang, luas ruang dan jenis bukaan yang sama namun memiliki ketebalan dinding yang berbeda antara objek *exposed* dan plester. Ruang dalam yang diukur yaitu ruang tamu dan kamar tidur.

Pengukuran suhu menggunakan alat ukur hobo *data logger* selama 24 jam yang dilekatkan di tengah ruangan pada ketinggian 1.1 meter dari permukaan lantai, Nugroho, *et al.* (2007). Analisis suhu dan kinerja bata kapur dilakukan berdasarkan waktu terbit hingga terbenamnya matahari (07.00 WIB – 16.00 WIB). Hasil dari pengukuran lapangan yang telah di analisis akan di bandingkan satu sama lain untuk mengetahui kinerja terbaik antara material bata kapur *exposed* dan plester dalam menurunkan suhu ruang dalam bangunan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Material Bata Kapur

Material batu kapur merupakan batuan sedimen yang terbuat dari proses pengendapan dengan komposisi kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk mineral kalsit. Material ini memiliki fungsi yang sama seperti bata merah dan biasanya digunakan untuk membangun rumah ataupun bangunan sederhana lainnya. . Bentuk geometri material bata kapur ini yaitu persegi panjang atau balok dengan dimensi $\pm 27 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ yang hampir sama dengan ukuran bata merah (Muntaha, 2007). Batu bata kapur memiliki tekstur padat yang membuat material ini bersifat kuat namun material ini juga memiliki sifat termal yang cukup hangat.



Gambar 1. Dinding bata kapur

Material bata kapur ini memiliki nilai transmittan atau konduktivitas termal yang hampir sama dengan batu bata merah yaitu 1.26 – 1.33 pada kondisi normal. Penerapan material bata kapur sebagai dinding bangunan dapat diplikasikan secara *exposed* ataupun dengan finishing plester. Adapun tebal plester pada umumnya yaitu 15 mm antar bata dan 30 mm pada masing-masing sisi dinding.

3.2 Suhu Luar dan Dalam Objek Exposed

Tabel 1. Perbandingan suhu luar dan dalam ketiga objek *Exposed*

Daerah penelitian	Karakteristik Daerah	Analisis dan sintesis suhu
Desa Grabagan	Daerah pegunungan dengan ketinggian 500 mdpl	Pengukuran pada objek G.E dilaksanakan pada tanggal 25 Maret 2017 diketahui bahwa suhu tertinggi pada pagi hari terjadi pada pukul 10.00 WIB dengan suhu ruang tamu dan kamar tidur yaitu 26°C yang tergolong nyaman menurut SNI 2001. Rata-rata suhu ruang dalam pada pagi hari 07.00 WIB – 10.00 WIB mencapai 25.5°C sedangkan rata-rata ruang dalam pada siang hari 11.00 WIB – 14.00 WIB yaitu 28°C dimana suhu tertinggi terjadi pukul 14.00 WIB mencapai 28.3°C yang berada di luar batas nyaman menurut SNI 2001. Rata-rata suhu pada sore hari pukul 15.00 WIB-16.00

		WIB mencapai 27.9 °C. secara keseluruhan suhu pada ruang dalam pada pukul 07.00 WIB - 10.00 WIB tergolong nyaman menurut SNI 2001 sedangkan pukul 11.00 WIB - 16.00 WIB berada di luar batas nyaman menurut SNI 2001.
Desa Montong	Daerah perbukitan dengan ketinggian 200 mdpl	Rata-rata suhu ruang dalam objek M.E pada pagi hari pukul 07.00 WIB - 10.0 WIB yaitu 26.9 °C dengan suhu tertinggi ruang tamu dan kamar tidur terjadi pada pukul 10.00 WIB 27.7 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu terendah terjadi pukul 07.00 WIB sebesar 25.5 °C yang tergolong nyaman menurut SNI 2001. Suhu ruang dalam pada siang hari pukul 11.00 WIB -14.00 WIB cenderung tinggi dan melampaui batas nyaman SNI 2001 dimana rata-rata suhu mencapai 29.8 °C sedangkan rata-rata suhu luar mencapai 32 % Sehingga perbedaan suhu rata-rata sebesar 3 °C. Ketika sore hari pukul 15.00 WIB - 16.00 WIB rata-rata suhu ruang luar yaitu 31 °C sedangkan suhu ruang dalam mencapai 30 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001. Prngukuran dilakukan pada tanggal 29 Maret 2017
Jalur Pantura	Daerah pesisir pantai dengan ketinggian 0 mdpl	Pengukuran suhu pada objek J.E dilakukan pada tanggal 1 April 2017 dimana rata-rata suhu ruang tamu dan kamar tidur pada pagi hari pukul 07.00 WIB-10.00 WIB mencapai 27.8 °C sedangkan suhu ruang luar mencapai 30 °C suhu tertinggi terjadi pada pukul 10.00 WIB yaitu 29 °C pada ruang dalam dan 34 °C pada ruang luar. Ketika siang hari pukul 11.00 WIB-14.00 WIB rata-rata suhu ruang dalam berada melampaui batas nyaman SNI 2001 yaitu 30.5 °C sedangkan suhu luar mencapai 33.5 °C. Rata-rata suhu ruang dalam pada sore hari pukul 15.00 WIB-16.00 WIB yaitu 30.9 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu luar bangunan mencapai 31.5 °C.

Dari hasil analisis pengukuran diperoleh hasil bahwa suhu ruang luar tertinggi terjadi pada daerah Jalur Pantura 29.7 °C, kedua pada desa Montong dengan suhu 28.7 °C dan terendah terjadi pada desa Grabagan 27 °C. Rata-rata suhu ruang tamu pada objek *eksposed* di desa Grabagan selama 24 jam yaitu 26.5 °C, desa Montong 27.4 °C dan Jalur Pantura 28.8 °C . Rata-rata suhu kamar tidur pada objek *eksposed* di desa Grabagan selama 24 jam yaitu 26.4 °C, desa Montong 27.8 °C dan Jalur Pantura 28.8 °C. Suhu ruang dalam pada daerah Jalur Pantura berada di luar batas nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu nyaman terdapat di daerah Grabagan dan Montong. Suhu luar ruangan pada pukul 07.00 WIB - 14.00 WIB cenderung lebih tinggi dibandingkan suhu dalam ruangan.

3.3 Suhu Luar dan Dalam Objek Plester

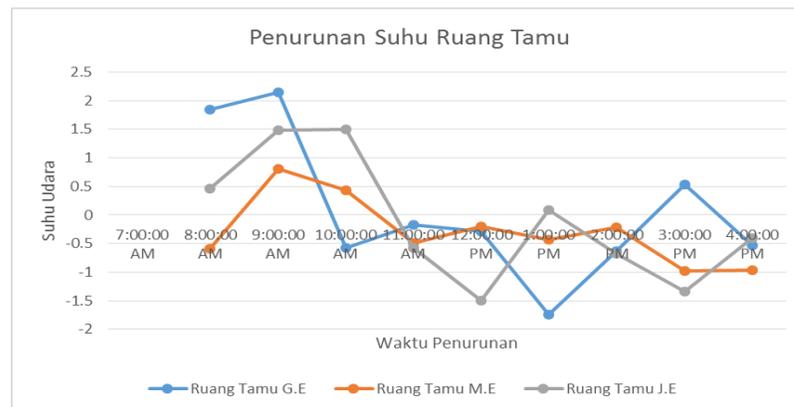
Tabel 2. Perbandingan suhu luar dan dalam ketiga objek plester

Daerah penelitian	Karakteristik Daerah	Analisis dan sintesis suhu
Desa Grabagan	Daerah pegunungan dengan ketinggian 500 mdpl	Rata-rata suhu ruang tamu dan kamar tidur objek G.P pada pukul 07.00 WIB – 10.00 WIB yaitu 25.6 °C yang tergolong nyaman menurut SNI 2001 dengan suhu terendah terjadi pukul 07.00 WIB sebesar 24.8 °C dan suhu tertinggi terjadi pukul 10.00 WIB yaitu 26.9 °C. pada siang hari suhu ruang dalam secara keseluruhan mulai pukul 11.00 WIB – 14.00 WIB berada di luar batas nyaman SNI 2001 dengan rata-rata 28.2 °C sedangkan suhu ruang luar mencapai 31 °C. ketika sore hari pukul 15.00 WIB – 16.00 WIB rata-rata suhu ruang dalam mencapai 28.3 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu ruang luar yaitu 30 °C. Pengukuran suhu dilakukan pada tanggal 27 Maret 2017
Desa Montong Daerah	perbukitan dengan ketinggian 200 mdpl	Pengukuran suhu objek M.P dilakukan pada tanggal 31 Maret 2017 dimana rata-rata suhu pada pagi hari mulai pukul 07.00 WIB-10.00 WIB yaitu 27.1 °C suhu pada pagi hari berada di luar batas nyaman menurut SNI 2001 yaitu melampaui 27.1 °C. ketika siang hari 11.00 WIB-14.00 WIB rata-rata suhu ruang dalam yaitu 28.2 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu ruang luar sebesar 31 °C . Suhu ruang luar pada sore hari pukul 15.00 WIB-16.00 WIB cukup tinggi yaitu 30.5 °C sedangkan suhu ruang dalam mencapai 28.7 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001.
Jalur Pantura	Daerah pesisir pantai dengan ketinggian 0 mdpl	Pada waktu pagi hari pukul 07.00 WIB – 10.00 WIB rata-rata suhu ruang dalam yaitu 28.9 °C yang berada diluar batas kenyamanan termal menurut SNI 2001 sedangkan suhu luar mencapai 30.5 °C. pada saat siang hari pukul 11.00 WIB – 14.00 WIB suhu ruang luar tergolong tinggi mencapai 35 °C sedangkan suhu ruang dalam mencapai 30.6 °C sehingga kurang nyaman. Ketika sore hari pukul 15.00 WIB – 16.00 WIB suhu ruang dalam meningkat menjadi 31.3 °C yang tergolong kurang nyaman menurut SNI 2001 sedangkan suhu ruang luar mencapai 32 °C. Suhu pada daerah Jalur Pantura tergolong tinggi pada setiap waktu. Pengukuran suhu dilakukan pada tanggal 3 April 2017

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pada objek plester selama 24 jam cenderung melampaui batas nyaman menurut SNI 2001 dimana suhu tertinggi terjadi pada daerah Jalur Pantura dengan suhu 29.8 °C di ruang tamu dan 30.1 °C di kamar tidur, kedua berada di daerah Montong dengan suhu ruang tamu sebesar 28.1 °C dan kamar tidur sebesar 27.9 °C sedangkan suhu terendah terdapat pada desa Grabagan dengan suhu ruang tamu sebesar 26.7 °C dan kamar tidur 26.7 °C Suhu luar bangunan pada desa Grabagan lebih rendah dibandingkan dengan suhu luar di desa Montong dan Jalur Pantura.

3.4 Kinerja Material Bata Kapur Exposed

3.4.1 Penurunan suhu ruang tamu



Gambar 2. Grafik Penurunan suhu udara ruang tamu objek exposed

Penurunan suhu ruang tamu tertinggi pada ketiga objek *exposed* terjadi di desa Grabagan dengan penurunan 2.1°C sedangkan penurunan suhu tertinggi pada desa Montong mencapai 0.8°C dan pada daerah Jalur Pantura sebesar 1.4°C masing-masing terjadi pada pukul 09.00 WIB. Pada pukul 13.00-14.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu pada objek G.E sedangkan pada objek M.E penurunan suhu tidak terjadi pukul 11.00 – 16.00 WIB dan 14.00 – 16.00 WIB pada objek J.E. Pada pukul 10.00 -12.00 penurunan suhu objek G.E tergolong rendah yaitu 0.5 °C sedangkan pada objek J.E penurunan suhu pukul 10.00-13.00 WIB sebesar 0.7 °C. Penurunan suhu ruang tamu selama 24 jam pengukuran pada objek G.E yaitu 1.2 °C, 1.3 °C pada objek M.E dan 0.4 °C pada objek J.E.

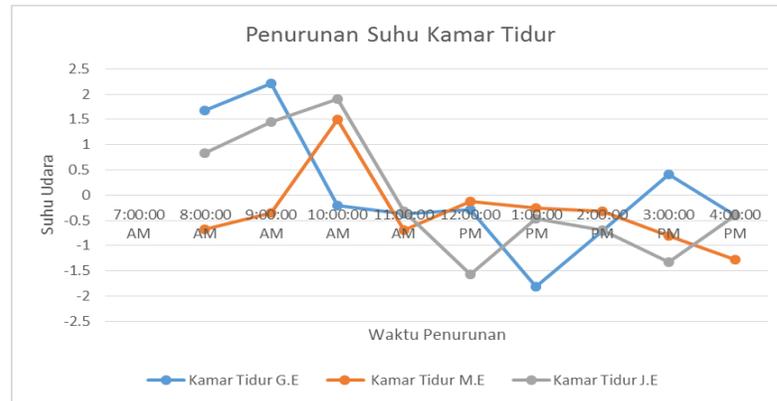
Pada proses penurunan suhu ruang dalam, ketebalan material dinding bangunan sangat berpengaruh terhadap penurunan suhu ruang. Ketebalan material ini memiliki peran sebagai pentransmisi jumlah panas udara luar ke permukaan luas dinding sesuai dengan gradien suhu unit dalam kondisi stabil (Wright, 2010) Adapun rumus konduktivitas termal antara lain:

$$q / A = (\text{Nilai transmisi material } W/(m K)) (\text{selisih suhu } ^\circ C) / (\text{ketebalan material } m) = (W/m^2)$$

Nilai konduktivitas termal objek G.E ketebalan 13 cm dan perbedaan suhu 28.5 °C dengan nilai transmisi 1.26 menghasilkan 276 W/m² sedangkan pada objek M.E dengan ketebalan dan nilai transmisi yang sama namun memiliki perbedaan suhu 27.2 °C menghasilkan nilai konduktivitas sebesar 268 W/m². Pada objek J.E nilai konduktivitas

termal tergolong rendah yaitu 99.8 W/m^2 dengan perbedaan suhu $10.3 \text{ }^\circ\text{C}$ sedangkan ketebalan dan nilai transmisi yaitu sama.

3.4.2 Penurunan suhu kamar tidur



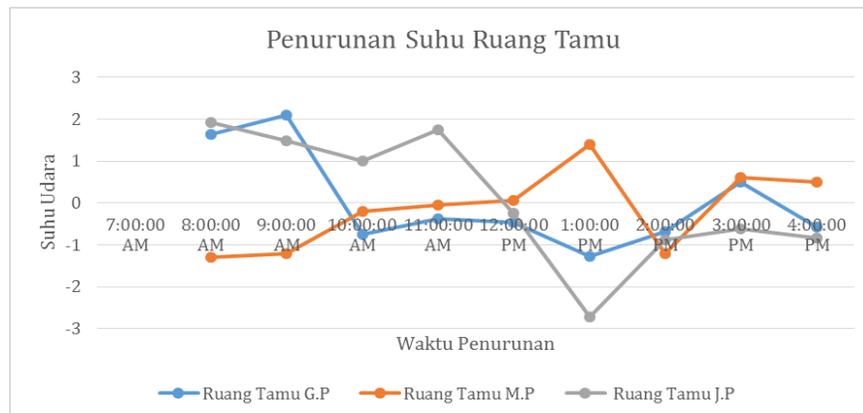
Gambar 3. Grafik Penurunan suhu udara kamar tidur objek exposed

Penurunan suhu kamar tidur tertinggi pada objek G.E terjadi pukul 09.00 WIB sebesar $2.2 \text{ }^\circ\text{C}$ sedangkan pada objek M.E dan J.E terjadi pukul 10.00 WIB sebesar $1.4 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $1.9 \text{ }^\circ\text{C}$. Pada pukul 11.00 -16.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu pada objek M.E dan J.E sedangkan pada objek G.E penurunan suhu tidak terjadi pukul 12.00-14.00 WIB. Penurunan suhu tergolong rendah pada objek G.E pukul 15.00-16.00 WIB yaitu $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$. Rata-rata penurunan suhu selama 24 jam pada objek G.E yaitu 1.1°C , $0.9 \text{ }^\circ\text{C}$ pada objek M.E dan $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$ pada objek J.E.

Nilai konduktivitas termal pada kamar tidur memiliki besaran yang sama dengan ruang tamu karena selisih suhu yang dihasilkan hanya 0.1°C . Objek G.E memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan objek M.E sedangkan nilai konduktivitas terendah terdapat pada objek J.E.

3.5 Kinerja Material Bata Kapur Plester

3.5.1 Penurunan suhu ruang tamu

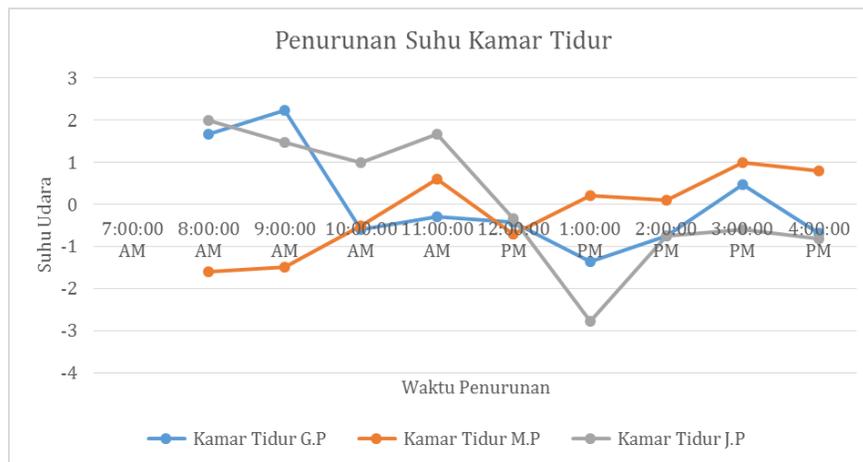


Gambar 4. Grafik Penurunan suhu udara ruang tamu objek plester

Penurunan suhu ruang tamu objek G.P tertinggi terjadi pada pukul 09.00 WIB mencapai 2 °C sedangkan penurunan suhu pada pukul 08.00 WIB sebesar 1.6 °C dan 0.5 °C pada pukul 15.00 WIB sedangkan pada pukul 10.00-14.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu ruang tamu. Pada objek M.P penurunan suhu tertinggi terjadi pukul 13.00 WIB sebesar 1.3 °C sedangkan pada pukul 12.00 WIB penurunan tergolong rendah yaitu 0.1 °C , 0.6 °C pada pukul 15.00 WIB dan 0.5 °C pada pukul 16.00 WIB dimana pada pukul 08.00-11.00 WIB dan 14.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu. Pada pukul 08.00 WIB terjadi penurunan suhu tertinggi di objek J.P sebesar 1.9 °C selanjutnya pukul 09.00 WIB penurunan suhu yaitu 1.4 °C , 1 °C pukul 10.00 WIB dan 1.7 °C pada pukul 11.00 WIB sedangkan pada pukul 12.00-16.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu pada ruang tamu. penurunan suhu ruang tamu selama 24 jam pengukuran pada objek G.P yaitu -0.2 °C , -0.1 °C pada objek M.P dan -0.5 °C pada objek J.P

Dengan ketebalan dinding 15 cm dan perbedaan suhu 21.2 °C serta nilai transmisi sebesar 1.26 nilai konduktivitas termal objek G.P sebesar 178 W/m² sedangkan pada objek M.P dengan selisih suhu 4.0 °C nilai konduktivitas termal yaitu 33.6 W/m² . Nilai Konduktivitas termal pada objek J.P yang memiliki selisih suhu sebesar 7.0 °C dengan ketebalan dan nilai transmisi yang sama yaitu 58.8 W/m² .

3.5.2 Penurunan suhu kamar tidur



Gambar 5. Grafik Penurunan suhu udara kamar tidur objek plester

Penurunan suhu kamar tidur objek G.P pada pukul 08.00 WIB dan 09.00 WIB yaitu 1.6 °C dan 2.2 °C sedangkan pada pukul 10.00 – 14.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu dan penurunan pada pukul 15.00 WIB relatif rendah yaitu 0.4 °C. Pada objek M.P penurunan suhu terjadi pukul 11.00 WIB sebesar 0.6 °C, 13.00-14.00 WIB sebesar 0.2 °C dan 1 °C pada pukul 15.00 WIB serta 0.8 °C pada pukul 16.00 WIB sedangkan pada pukul 08.00-10.00 WIB dan 12.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu pada kamar tidur. Penurunan suhu pada objek J.P pukul 08.00 WIB sebesar 1.9 °C, 1.4 °C pada pukul 09.00 WIB, 0.9 °C pukul 10.00 WIB dan 1.6 °C pada pukul 11.00 WIB sedangkan pada pukul 12.00-16.00 WIB tidak terjadi penurunan suhu terhadap kamar tidur. Penurunan suhu ruang tamu selama 24 jam pengukuran pada objek G.P yaitu -0.06 °C, 0.05 °C pada objek M.P dan -0.5 °C pada objek J.P

3.6 Rekomendasi Desain

Tingginya suhu pada beberapa objek membuat ruangan tergolong tidak nyaman menurut SNI 2001 ataupun teori Lippismeier karena suhu yang tercipta melampaui batas nyaman yaitu diatas 27 °C sehingga diperlukannya alternatif desain ruangan untuk menurunkan suhu. Rekomendasi yang ada digunakan pada ruang tamu dan kamar tidur, dimana terdapat beberapa alternatif rekomendasi dengan merubah ketebalan dinding dan menambahkan *shading device* yang mampu menurunkan suhu ruang dalam.

Tabel 3. Alternatif Rekomendasi Desain

Alternatif 1	Alternatif 2
 <p>Merubah ketebalan dinding <i>exposed</i> menjadi 1 bata. Penuruan suhu ruang yaitu 0.1°C – 3 °C.</p>	 <p>Menambah <i>shading device</i> vertikal pada objek <i>exposed</i> dengan dimensi 50 cm x 170 cm. Penurunan suhu ruang yaitu 0.1°C – 3.2 °C.</p>
Alternatif 3	Alternatif 4
 <p>Merubah ketebalan dinding plester menjadi 3 cm. Penuruan suhu ruang yaitu 0.1°C – 2.6 °C</p>	 <p>Menambah <i>shading device</i> vertikal pada objek plester dengan dimensi 50 cm x 170 cm. Penurunan suhu ruang yaitu 0.1°C – 1.8 °C.</p>

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran lapangan mengenai kinerja material bata kapur antara bata kapur *eksposed* dan plester yang diukur pada waktu terbit hingga terbenamnya matahari (07.00 WIB – 16.00 WIB) diketahui bahwa kinerja bata kapur terbaik terdapat pada objek *exposed* yang berada di daerah Grabagan dengan ketinggian 500 mdpl memiliki penurunan sebesar 1.2 °C sedangkan kinerja terendah terjadi pada objek plester di daerah Jalur Pantura yang memiliki ketinggian 0 mdpl dengan penurunan suhu 0.4 °C. Secara keseluruhan kinerja material bata kapur cukup signifikan walaupun tergolong rendah, bata kapur *exposed* dengan ketebalan 13 cm memiliki kinerja terbaik dalam menurunkan suhu dibandingkan bata kapur plester yang memiliki ketebalan 15 cm.

Daftar Pustaka

- Climate-data.org/KabupatenTuban (diakses 27 November 2016).
- Lippsmeier, Georg. 1997. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- Muntaha, Moh. 2007. *Identifikasi Kekuatan Batu Kumpang (Batu Putih) Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Bangunan*. *Jurnal APLIKASI ISSN.1907-753X*. Vol. 1, No. 2.
- Purnama, D. E, Nugroho, A. M., Soebandono, Y. B. 2016. *Identifikasi Pengaruh Material Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal (Studi kasus bangunan dengan material bambu dan bata merah di Mojokerto)*. *Jurnal Mahasiswa Teknik Arsitektur* Vol. 4, No. 1:176
- Soegijanto. 1999. *Ilmu fisika Bangunan*. Yogyakarta: Ciptakarya.
- Standar Nasional Indonesia 03-6572-2001. 2001. *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*.
- Werokila, D.W. 2014. *Penggunaan Batu Kapur, Bata Ringan, Kaca, Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), Aspal Buton, Dan Rigid Pavement Atau Perkerasan Kaku Pada Konstruksi*. Universitas Tadulako.
- Wright, Roger N. 2010. *Wire Technology: Process Engineering and Metallurgy*. Elsevier: 281.