

Foam Concrete Sebagai Alternatif Material Dinding Terkait Perencanaan Kenyamanan Termal Pada Rumah Hunian

I Putu Widjaja Thomas Brunner¹, Nita Mutiatussyadi'ah², Puji Lestari³,
Euis Fadillah Fama .L⁴

Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Email : brunner@itenas.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan data BMKG tahun 2014, temperatur udara di Kota Bandung semakin meningkat. Hal ini mempengaruhi kenyamanan termal pada ruang di dalam hunian. Untuk mengatasi hal tersebut masyarakat Bandung cenderung menggunakan alat pengkondisian udara (AC) sebagai alternatif instan, padahal penggunaan AC cenderung meningkatkan biaya operasional harian rumah.

Pemilihan material kulit bangunan merupakan salah satu teknik pasif untuk mereduksi suhu udara luar. Pada penelitian ini, teknik pasif yang dilakukan adalah menggunakan material pengisi dinding luar yang mampu mereduksi suhu udara luar. Material foam concrete dipilih sebagai material pengisi dinding isolator termal pada hunian untuk dibandingkan dengan material batu bata. Pada objek uji akan diukur suhu, kelembaban dan kecepatan angin, kemudian dilakukan analisis dengan tujuan memahami sifat material tersebut sebagai insulasi termal. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk meminimalisir penggunaan alat mekanik seperti AC yang berdampak pada efisiensi biaya operasional.

Kata kunci: Hunian, Kenyamanan Termal, Foam Concrete, Efisiensi Energi Listrik.

ABSTRACT

Air temperature in Bandung increases every year according BMKG's 2014 data. It affects to thermal comfort inside houses. To overcome this situation, people tend to use air conditioning as an instant alternative, wheares the air conditioning will increase the daily operating cost it's user.

In this research, passive technique as an alternative method is used by choosing wall material which is capable in reducing the outside temperature. Foam concrete is selected as a wall material and will be compare to brick. Temperature, humidity, and wind speed are researched and analized to value the effectiveness as each wall materials of a thermal insulation. out comes of the research can be an alternative in minimalizing the operational cost of electricity while using AC.

Keywords: Housing, Thermal Insulation, Foam Concrete, Electrical Energy Efficiency.

1. PENDAHULUAN

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat bahwa temperatur udara di Kota Bandung pernah mencapai 32 •C pada tahun 2014. Untuk menanggulangi cuaca yang ekstrim tersebut, dapat dilakukan usaha mengkondisikan udara didalam ruang dengan cara mekanis atau nonmekanis. Pemakaian AC merupakan usaha mekanis yang cenderung dapat memberikan dampak negatif salah satunya yaitu menguras pemakaian energi dan biaya harian. Usaha nonmekanis dapat ditinjau dari segi arsitektur, salah satunya yaitupemilihan material yang tepat pada elemen bangunan sebuah hunian.

Dinding merupakan elemen bangunan yang memiliki fungsi salah satunya sebagai pelindung bangunan dari cuaca luar dan berperan sebagai pengkondisian udara didalam ruang. Foam Concrete adalah salah satu pertimbangan yang dapat menjadi alternatif dalam pemilihan material pengisi dinding. Foam concrete mempunyai keunggulan-keunggulan diantaranya yaitu kandungan didalam foam concrete yang mampu menginsulasi termal dengan cara mengurangi temperatur dalam ruang, mampu menghemat energi listrik, sehingga menghemat biaya operasional.

Yang menjadi objek kajian dalam tulisan ini adalah rumah tinggal pada Perumahan Gempol Asri Bandung. Penelitian dilakukan pada dua orientasi objek uji, yaitu objek uji orientasi Timur Laut dan Barat Daya dengan setiap orientasi terdapat 2 unit objek penelitian, hal ini bertujuan untuk memperoleh data yang lebih akurat. Pada penelitian ini terdapat dua jenis objek uji, yakni objek uji utama yang menggunakan foam concrete dan objek uji pembanding yang menggunakan batu bata. Pada penelitian ini praktikan menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dilakukan dengan mengukur klimatologi, seperti suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin pada objek uji dengan menggunakan alat ukur suhu. Pada penelitian ini objek uji, memiliki bentuk bangunan yang sama atau menyerupai dan memiliki orientasi yang sama, serta penelitian dilakukan pada waktu yang sama. Pada penelitian ini variabel yang diabaikan adalah furnitur dan faktor manusia. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan memahami faktor arsitektur yang mempengaruhi kenyamanan termal pada hunian, memahami sifat material foam concrete dalam menginsulasi termal pada rumah hunian, membandingkan sifat material foam concrete bila dibandingkan dengan batu bata merah perihal insulasi termal dari hasil pengukuran, memahami pengaruh penggunaan foam concrete terhadap biaya operasional harian terkait biaya listrik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan material foam concrete sebagai material pengisi dinding dalam upaya menciptakan kenyamanan termal pada hunian dan meminimalisir penggunaan alat mekanik seperti AC yang berdampak pada efisiensi biaya operasional hunian.



(a) (b) (c) (d)
Gambar 1 Rumah Objek Uji Penelitian (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

- (a) Gambar Rumah Objek Uji Utama Orientasi Timur Laut
- (b) Gambar Rumah Objek Uji Pembanding Orientasi Timur Laut
- (c) Gambar Rumah Objek Uji Utama Orientasi Barat Daya
- (d) Gambar Rumah Objek Pembanding Utama Orientasi Barat Daya

Hunian^[2] adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.

Kenyamanan Termal^[3] adalah sebuah kondisi di mana secara psikologis, fisiologis, dan pola perilaku seseorang merasa nyaman untuk melakukan aktivitas dengan suhu tertentu di sebuah lingkungan.

Foam Concrete^[4] adalah beton berdensitas rendah dengan porositas yang tinggi sehingga mampu difungsikan sebagai material insulasi.

Efisiensi Energi Listrik^[5] adalah semua metode, teknik, dan prinsip-prinsip yang memungkinkan untuk dapat menghasilkan penggunaan energi lebih efisien dan membantu penurunan permintaan energi global.

2. METODOLOGI

Metoda yang digunakan dalam kajian ini adalah metoda kuantitatif. Metoda kuantitatif dilakukan dengan mengukur kondisi klimatologi yakni suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin pada objek uji dan menganalisa hasil pengukuran klimatologi terhadap standar kenyamanan termal dan pengaruhnya terhadap biaya operasional harian terkait penggunaan air conditioner.

Pengumpulan data diperoleh dari data primer yang merupakan data pengukuran klimatologi hasil observasi lapangan dan data sekunder yang merupakan data klimatologi yang diperoleh dari www.worldweatheronline.com. Pengumpulan data klimatologi terhadap suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin bertujuan untuk memperoleh perbandingan suhu pada kedua objek uji di kedua orientasi sehingga suhu tertinggi dari keempat objek uji dijadikan acuan terhadap penggunaan ac yang berpengaruh pada biaya operasional harian listrik.

Pengukuran dilakukan pada kondisi cuaca cerah pada ketiga waktu (10.00, 13.00 dan 16.00 atas pertimbangan hasil penelitian V. Totok Noerwasito, dimana fluktuasi suhu tertinggi terjadi pada waktu tersebut) agar memperoleh hasil optimal^[6]. Pemilihan titik pengukuran pada objek uji dipilih dengan pertimbangan antara lain, titik objek berhubungan langsung dengan ruang luar (dilakukan karena ruang tersebut terdapat bagian dinding yang terkena langsung panas matahari dari luar), titik objek mewakili satu fungsi ruangan pada setiap level lantai objek uji, titik objek berada pada ruangan yang memiliki bentuk, luas, dan lebar bukaan sebanding pada kedua buah objek uji.

Pada proses analisis menggunakan metoda pendekatan kuantitatif yaitu pada analisis hasil pengukuran, praktikan membandingkan hasil pengukuran dengan standar kenyamanan termal berdasarkan standar menteri kesehatan. Pada analisis penggunaan air conditioner dan biaya operasional harian listrik, praktikan menghitung besar daya AC yang digunakan untuk mencapai standar suhu kenyamanan termal, sehingga didapatkan pengeluaran biaya operasional listrik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1 Pengaruh Kenyamanan Termal Secara Arsitektural

III.1.1 Orientasi Bangunan dan Bukaannya

Tabel 1. Analisis Orientasi Bangunan dan Bukaannya (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

NO	DATA	TEORI	ANALISIS
1	<p>Pada orientasi bangunan yang menghadap Timur Laut, letak bukaan pada fasade bangunan menghadap ke Timur Laut. Pada orientasi bangunan yang menghadap ke arah Barat Daya, letak bukaan pada fasade juga menghadap ke Barat Daya. Untuk seluruh objek uji tidak terdapat bukaan (yang berhubungan ke luar) selain bukaan pada fasade bangunan.</p>  <p>Gambar 1 Orientasi Matahari Terhadap Bangunan Objek Uji. (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)</p> <p>Keterangan : ■ : Lokasi Objek Uji ■ : Lokasi Bukaannya</p>	<p>Elemen dinding yang terletak pada bagian fasad bangunan akan mempengaruhi kemampuan bangunan dalam menahan panas begitu juga dengan posisi dan luas bukaan. Untuk rumah tinggal pada umumnya orientasi bukaan tidak hanya mengacu pada satu arah tetapi ke berbagai arah, namun untuk rumah-rumah bertipe kecil rata-rata memiliki orientasi bukaan ke dua arah.</p> <p>Menurut Setyo Soetiadji (Soetiadji S, 1986)^[7] orientasi terhadap garis edar matahari yang merupakan suatu bagian elemen penerangan alami. Namun pada daerah beriklim tropis penyinaran dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan suatu masalah, sehingga diusahakan adanya elemen-elemen yang dapat mengurangi efek terik matahari.</p> <p>Orientasi bangunan harus disesuaikan dengan faktor lainnya, agar memperoleh keuntungan sebanyak-banyaknya dari teknik pemanasan dan penghawaan alami^[1].</p>	<p>Seluruh unit rumah objek uji (objek uji memiliki tipe serupa) hanya memiliki bukaan pada satu arah saja yang terdapat pada fasade, sehingga bukaan pada fasade menjadi sumber satu-satunya untuk pencahayaan dan penghawaan alami.</p> <p>Pengaruhnya terhadap kenyamanan termal di dalam hunian (objek uji) antara lain pada pagi hari, hunian yang berorientasi ke arah Timur Laut lebih panas dibandingkan pada hunian yang berorientasi ke arah barat, sebaliknya pada sore hari hunian yang berorientasi ke arah Barat Daya lebih panas dibandingkan hunian yang berorientasi ke arah Timur Laut.</p> <p>Karena tidak terdapat bukaan lain selain bukaan pada fasade, maka di dalam hunian tidak terjadi ventilasi silang, sehingga pergerakan udara sangat kecil. Hal ini menjadi salah satu faktor penyebab ketidaknyamanan pada kondisi termal di dalam hunian.</p>

III.1.2 Komponen Kulit Bangunan

Tabel 2. Analisis Komponen Kulit Bangunan (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

NO	DATA & TEORI	ANALISA
1	<p>Diketahui batu bata merah memiliki sifat dapat menyerap dan melepas panas yang berasal dari suhu luar, sehingga suhu di dalam ruangan cenderung tidak dapat dikondisikan atau tidak stabil. Sedangkan material foam concrete memiliki sifat mencegah rambatan energi panas, tetapi tidak menyerapnya.</p> <p>Diketahui bahwa ke empat unit objek uji, seluruhnya menggunakan atap genteng beton dan lantai keramik.</p> <p>Pada bagian dinding kulit luar bangunan dua objek uji menggunakan material pengisi dinding foam concrete dan dua objek uji lainnya menggunakan material batu bata merah sebagai material pengisi dinding.</p> <p>Berdasarkan data objek uji pada bab 3, komponen kulit bangunan pada objek uji adalah sebagai berikut:</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a) (b) (c) (d)</p> </div> <p>Gambar 2. Komponen Kulit Bangunan (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)</p> <p>(a) Gambar komponen kulit bangunan orientasi Timur Laut utama (b) Gambar komponen kulit bangunan orientasi Timur laut pembanding (c) Gambar komponen kulit bangunan orientasi Barat Daya utama (d) Gambar komponen kulit bangunan orientasi Barat Daya pembanding Sumber : gambar ulang, pribadi (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Gambar 3. Batu Bata Merah (Sumber : www.google.co.id, 2014) Spesifikasi Batu Merah: a. Konduktivitas termis : 0,380 W/mK b. Tebal dinding : 15 cm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Gambar 4. Foam Concrete (Sumber : www.google.co.id, 2014) Spesifikasi Foam Concrete: a. Konduktivitas termis : 0,18 W/mK b. Tebal dinding : 14 mm</p> </div> </div>	<p>Jadi penggunaan kedua material tersebut sebagai material pengisi dinding dapat mereduksi panas dari luar namun, bila dilihat dari sifat materialnya, material foam concrete dapat mencegah rambatan panas tetapi tidak menyerapnya, sehingga kondisi suhu di dalam rumah tetap terjaga atau relatif stabil.</p> <p>Sifat material batu bata adalah menyerap dan melepas panas. Pada siang hari material dinding batu bata yang terkena paparan matahari cenderung menyerap panas, dan melepas panas pada saat malam hari. Sedangkan pada pagi hari suhu didalam ruang cenderung dingin karena udara panas yang disimpan telah diradiasi pada saat malam hari. Oleh karena itu mengapa pada hunian yang menggunakan batu bata, suhu ruang di dalam hunian terasa lebih dingin pada pagi hari.</p>

III.2 Perbandingan Dinding Foam Concrete Dan Batu Bata Merah Sebagai Insulator Termal Terhadap Standar Kenyamanan Termal

Standar Kenyamanan Termal

A. Kecepatan Udara

Menurut MENKES NO.261/MENKES/SK/11/1998, laju angin ruangan yaitu 0.15 sampai 0.25 m/s [8].

B. Suhu (°C)

Basaria(2005)^[9] menyatakan suhu nyaman menurut tata cara perencanaan teknis konservasi energy pada bangunan adalah :

- a. Sejuk nyaman, yaitu 20.5 °C – 22.8 °C.
- b. Nyaman optimal, yaitu 25.8 °C – 25.8 °C.
- c. Hangat nyaman, yaitu 25.8 °C – 27.1 °C.

C. Kelembaban

SNI (1993) menyatakan daerah nyaman termal pada bangunan yang dikondisikan untuk orang Indonesia yaitu 40 % - 70 % .

Untuk dapat mengetahui kemampuan material pengisi dinding foam concrete dan batu bata merah sebagai insulator termal, praktikan mengambil hasil pengukuran suhu pada tanggal 29 Desember 2014 dengan kondisi cuaca cerah 26 °C – 27 °C [10] pada 3 waktu pengukuran yaitu (10.00, 13.00 dan 16.00 atas pertimbangan hasil penelitian V.Totok Noerwasito, dimana fluktuasi suhu tertinggi terjadi pada waktu tersebut)^[6]. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan standar kenyamanan termal Indonesia. Berikut adalah tabel analisa perbandingan suhu tertinggi terhadap standar kenyamanan termal dan selisih suhu yang didapat dari selisih pengukuran suhu pada objek uji yang menggunakan dinding foam concrete dan objek uji yang menggunakan dinding batu bata merah.



Gambar 5. Lokasi Objek Uji Dengan Arah Orientasi Timur Laut dan Barat Daya

Foam Concrete Sebagai Alternatif Material Dinding Terkait Perencanaan Kenyamanan Termal Pada Rumah Hunian

1. Hasil Pengukuran Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin Objek Uji Orientasi Timur Laut
 - a. Pukul 10.00

Tabel 3 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Timur Laut Pukul 10.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang		Rumah Orientasi Timur Laut									Selisih Hasil Pengukuran		
				Objek Uji Utama			Objek Uji Pemandang								
				A	B	C	Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah			Suhu (+C)
								Suhu (+C)	RH (%)	Angin (m/s)			Suhu (+C)	RH (%)	
1	10.00	Ruang Tamu			28.5	51.1	0.0		26.6	58.4	0.0	1.9	7.3	0.0	
		Ruang Tidur			27.7	53.6	0.0		26.5	60.2	0.0	1,2	6.6	0.0	
		Ruang Luar			26.5	54.8	0.0		26.5	54.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
keterangan		● = Titik dilakukan pengukuran ► = Arah orientasi bangunan ■ = Lokasi objek uji ■ = Selisih hasil pengukuran ■ = Tidak Memenuhi Standar ■ = Memenuhi Standar													

- b. Pukul 13.00

Tabel 4 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Timur Laut Pukul 13.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang		Rumah Orientasi Timur Laut									Selisih Hasil Pengukuran		
				Objek Uji Utama			Objek Uji Pemandang								
				A	B	C	Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah			Suhu (+C)
								Suhu (+C)	RH (%)	Angin (m/s)			Suhu (+C)	RH (%)	
2	13.00	Ruang Tamu			31.8	46.0	0.0		31.6	46.0	0.0	0.2	0.0	0.0	
		Ruang Tidur			31.0	47.3	0.0		31.4	49.9	0.0	0.4	2.6	0.0	
		Ruang Luar			31.8	44.2	0.0		31.8	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
keterangan		● = Titik dilakukan pengukuran ► = Arah orientasi bangunan ■ = Lokasi objek uji ■ = Selisih hasil pengukuran ■ = Tidak Memenuhi Standar ■ = Memenuhi Standar													

c. Pukul 16.00

Tabel 5 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Timur Laut Pukul 16.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang		Rumah Orientasi Timur Laut									Selisih Hasil Pengukuran		
				Objek Uji Utama			Objek Uji Pemandang								
				Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah						
Suhu (+C)	RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (+C)		RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (+C)		RH (%)	Angin (m/s)					
3	16.00	A	B	C		29.3	51.3	0.0		29.0	52.0	0.0	0.3	0.7	0.0
						29.3	51.6	0.0		28.8	52.0	0.0	0.5	0.4	0.0
						29.0	50.0	0.3		29.0	50.0	0.3	0.0	0.0	0.0
keterangan					● = Titik dilakukan pengukuran	▶ = Arah orientasi bangunan	■ = Lokasi objek uji								
					■ = Selisih hasil pengukuran	■ = Tidak Memenuhi Standar	■ = Memenuhi Standar								

2. Hasil Pengukuran Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin Objek Uji Orientasi Barat Daya

a. Pukul 10.00

Tabel 6 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Barat Daya Pukul 10.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang		Rumah Orientasi Barat Daya									Selisih Hasil Pengukuran		
				Objek Uji Utama			Objek Uji Pemandang								
				Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah						
Suhu (+C)	RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (+C)		RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (+C)		RH (%)	Angin (m/s)					
1	10.00	A	B	C		25.9	64.2	0.0		24.6	68.8	0.0	1.3	4.6	0.0
						25.6	66.1	0.0		25.9	59.3	0.0	0.3	6.8	0.0
						26.5	54.8	0.0		26.5	54.8	0.0	0.0	0.0	0.0
keterangan					● = Titik dilakukan pengukuran	▶ = Arah orientasi bangunan	■ = Lokasi objek uji								
					■ = Selisih hasil pengukuran	■ = Tidak Memenuhi Standar	■ = Memenuhi Standar								

Foam Concrete Sebagai Alternatif Material Dinding Terkait Perencanaan Kenyamanan Termal Pada Rumah Hunian

b. Pukul 13.00

Tabel 7 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Barat Daya Pukul 13.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang			Rumah Orientasi Barat Daya									Selisih Hasil Pengukuran					
		A	B	C	Objek Uji Utama			Objek Uji Pemanding			Dinding Batu Bata Merah								
					Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah									
						Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)		Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)				
2	13.00	Ruang Tamu		31.8	50.1	0.0		31.8	44.5	0.0	0.0	5.6	0.0						
		Ruang Tidur		31.1	50.5	0.0		31.1	46.5	0.0	0.0	4.0	0.0						
		Ruang Luar		31.8	44.2	0.0		31.8	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0						
keterangan		● = Titik dilakukan pengukuran			▶ = Arah orientasi bangunan			■ = Lokasi objek uji			■ = Selisih hasil pengukuran			■ = Tidak Memenuhi Standar			■ = Memenuhi Standar		

c. Pukul 16.00

Tabel 8 Tabel Hasil Pengukuran Objek Uji Barat Daya Pukul 16.00
(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

No	Waktu	Lokasi / Ruang			Rumah Orientasi Barat Daya									Selisih Hasil Pengukuran					
		A	B	C	Objek Uji Utama			Objek Uji Pemanding			Dinding Batu Bata Merah								
					Lokasi	Dinding Foam Concrete			Lokasi	Dinding Batu Bata Merah									
						Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)		Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)	Suhu (°C)	RH (%)	Angin (m/s)				
3	16.00	Ruang Tamu		29.8	52.6	0.0		29.8	44.5	0.0	0.0	8.1	0.0						
		Ruang Tidur		29.6	53.9	0.0		29.5	48.5	0.0	0.1	5.4	0.0						
		Ruang Luar		29.0	50.5	0.3		29.0	50.5	0.3	0.0	0.0	0.0						
keterangan		● = Titik dilakukan pengukuran			▶ = Arah orientasi bangunan			■ = Lokasi objek uji			■ = Selisih hasil pengukuran			■ = Tidak Memenuhi Standar			■ = Memenuhi Standar		

III.2.1 Pengaruh Foam Concrete Sebagai Insulator Termal Dibandingkan Dengan Standar Kenyamanan Termal

Diketahui bahwa kondisi iklim pada lokasi objek uji telah sesuai dengan standar di Indonesia untuk kelembaban udara dan kecepatan angin. Tetapi kondisi suhu udara pada lokasi objek uji berada diatas standar, sehingga pada bahasan selanjutnya, praktikan meminjau ulang kondisi suhu pada kawasan objek uji bila dibandingkan dengan standar kenyamanan termal di Indonesia. Berikut adalah tabel hasil pengukuran suhu ruang pada hunian yang menggunakan material pengisi dinding foam concrete.

Untuk dapat membuktikan pengaruh material pengisi dinding foam concrete sebagai insulator termal, praktikan mengambil hasil pengukuran suhu tertinggi pada tanggal 29 Desember 2014 yaitu pada pukul 13.00 WIB. Hasil pengukuran suhu dibandingkan dengan standar kenyamanan termal Indonesia. Berikut adalah tabel analisa perbandingan suhu tertinggi terhadap standar kenyamanan termal.

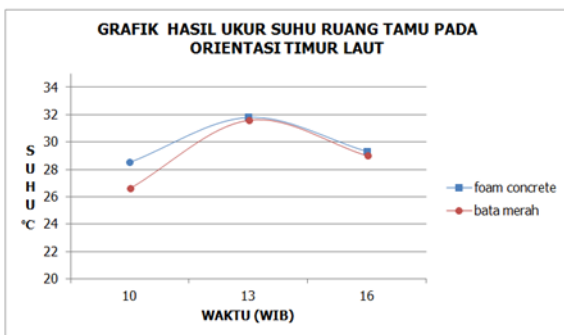
Tabel 9. Perbandingan Suhu Tertinggi Terhadap Standar Kenyamanan Termal (Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

NO	WAKTU	A	B	Orientasi Timur Laut				Orientasi Barat Daya			
				Dinding Foam Concrete				Dinding Foam Concrete			
				Suhu (°C)	Standar Suhu(°C)	Selisih Suhu(°C)	Analisa	Suhu (°C)	Standar Suhu(°C)	Selisih Suhu(°C)	Analisa
2	13.00	Ruang Tamu		31.8	22.8-27.1 Standar Basaria (2005) ^[9]	4.7	Berada di Atas Standar	31.8	22.8-27.1 Standar Basaria (2005) ^[9]	4.7	Berada di Atas Standar
		Ruang Tidur		31.0	22.8-27.1 Standar Basaria (2005) ^[9]	3.9	Berada di Atas Standar	31.1	22.8-27.1 Standar Basaria (2005) ^[9]	4.0	Berada di Atas Standar

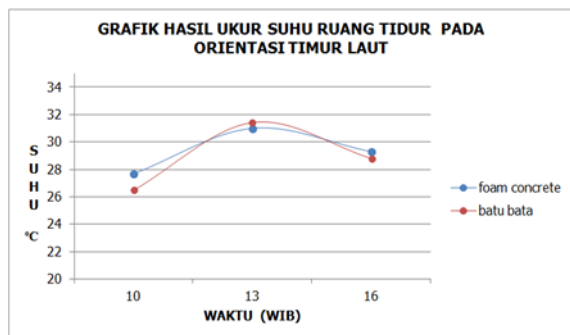
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa suhu di dalam ruang pada hunian yang menggunakan foam concrete baik pada objek uji orientasi Barat Daya maupun objek uji yang berorientasi Timur Laut, pada pukul 13.00 WIB, berada di atas standar denganselisih suhu antara 3.9 – 4.7 °C dari batas tertinggi pada standar kenyamanan termal.

III.2.2 Perbandingan Foam Concrete dan Batu Bata dalam Menginsulasi Termal

Perbandingan foam concrete dan batu bata dalam menginsulasi termal berdasarkan hasil pengukuran, digambarkan dalam grafik sebagai berikut.

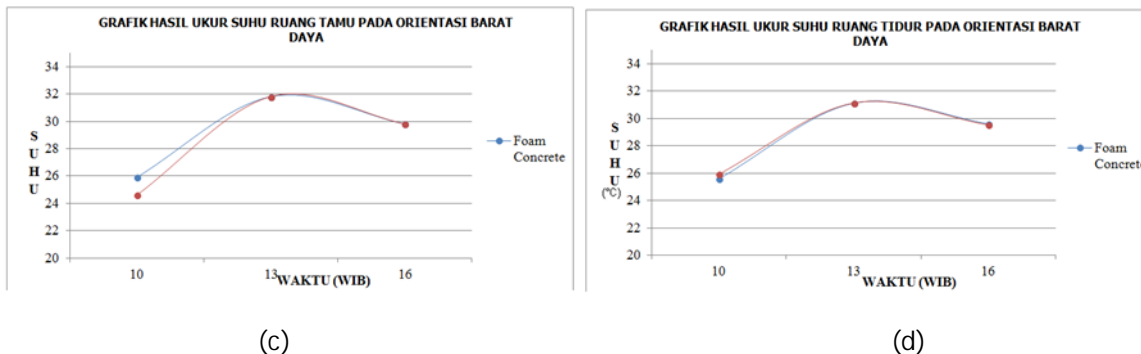


(a)



(b)

Foam Concrete Sebagai Alternatif Material Dinding Terkait Perencanaan Kenyamanan Termal Pada Rumah Hunian



Grafik 1 Hasil Ukur Suhu Ruang Pada Orientasi Timur Laut dan Barat Daya

- Hasil Ukur Suhu Ruang Tamu Pada Orientasi Timur Laut
- Hasil Ukur Suhu Ruang Tidur Pada Orientasi Timur Laut
- Hasil Ukur Suhu Ruang Tamu Pada Orientasi Barat Daya
- Hasil Ukur Suhu Ruang Tidur Pada Orientasi Barat Daya

Dari Grafik di atas, dapat disimpulkan selisih suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin pada hunian yang menggunakan foam concrete dan batu bata yang berorientasi Timur Laut adalah :

- Pada pagi hari suhu ruang yang menggunakan dinding foam concrete lebih panas, tetapi suhu ruang yang menggunakan dinding batu bata lebih lembab sedangkan kecepatan angin tidak ada perbedaan.
- Pada siang hari suhu ruang yang menggunakan dinding batu bata lebih panas dan lebih lembab, serta kecepatan angin tidak terdapat perbedaan.
- Pada sore hari suhu ruang yang menggunakan foam concrete lebih panas, tetapi suhu ruang yang menggunakan dinding batu bata lebih lembab dan tidak terdapat perbedaan kecepatan angin.

Sedangkan pada hunian yang menggunakan foam concrete dan batu bata merah yang berorientasi Barat Daya adalah :


- Pada pagi hari suhu ruang yang menggunakan foam concrete lebih panas, tetapi suhu ruang yang menggunakan dinding batu bata merah lebih lembab sedangkan tidak ada perbedaan untuk kecepatan angin.
- Pada siang hari tidak terdapat perbedaan suhu, namun pada titik ini merupakan hasil pengukuran paling tinggi. Ruang yang menggunakan foam concrete lebih lembab serta tidak terdapat perbedaan kecepatan angin.
- Pada sore hari hanya terdapat perbedaan 0.1 °C lebih panas foam concrete, tetapi ruang yang menggunakan batu bata merah lebih lembab dan juga tidak terdapat perbedaan kecepatan angin.

Dari hasil analisa di atas dapat diketahui bahwa suhu tertinggi adalah 31.8°C terjadi pada siang hari, yaitu pada rumah orientasi Barat Daya dimana hasil pengukuran suhu ruang kedua material uji sama. Sedangkan suhu terendah terjadi pada pagi hari yaitu 24.6°C, dimana batu bata memiliki suhu lebih rendah (0.3-1.9 °C) dari foam concrete pada kedua objek orientasi.

III.4 Penggunaan Material Foam Concrete Terhadap Biaya Operasional Listrik

Pada hasil tertinggi pengukuran suhu kelembaban dan kecepatan angin material dinding foam concrete dan batu bata didapatkan suhu yang sama yakni 31.8 °C, maka terdapat selisih suhu 9°C lebih panas dibandingkan suhu sejuk nyaman berdasarkan Basaria (2005)^[10] yaitu 22.8°C.

Tabel 10. Asumsi Analisa Biaya Operasional Listrik(Sumber : Hasil Survei Objek Uji, 2014, diolah)

N O	DATA &TEORI	ANALISA
1	<p>Hasil pengukuran praktikan terhadap lama waktu penurunan suhu ruang dengan AC hingga mencapai suhu sejuk nyaman berdasarkan Basaria (2005) ^[9] yaitu 22.8 °C adalah :</p>  <p>Keterangan : Pengukuran dilakukan pada ruangan berukuran 3.6 x 3.6 m² dengan suhu ruang tanpa alat bantu 26.4 °C. AC yang digunakan berkapasitas 1 pk.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan suhu 26.4 °C- 24.4 °C turun dengan interval waktu 15 menit. 2. Penurunan suhu 26.4 °C sampai 22.8 °C mengikuti interval waktu seperti pada grafik. 3. Penurunan suhu setelah 22.8 °C maka interval waktu akan di tambah 10 menit setiap satu derajatnya. <p>Asumsi waktu yang dibutuhkan pada objek uji, untuk mencapai suhu 22.8 °C (Basaria 2005) dari hasil pengukuran suhu tertinggi 31.8 °C adalah</p> $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 = 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 15 + 50 + 60 = 215 \text{ menit atau } 3,58 \text{ jam} \sim 4 \text{ jam.}$ <p>(Keterangan : t = waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan waktu 1 °C) Untuk besar daya ½ pk lama waktu menjadi 2 kalinya yaitu 8 jam</p>
2	<p>Besar daya AC yang di butuhkan pada ruang objek uji (3x3m²) adalah 1/2pk. Tarif untuk golongan tersebut (R-1/TR) berdasarkan tarif tenaga listrik yang telah disesuaikan pada tahun 2014 adalah sebesar Rp1.352 /watt.</p>	<p>Bila besar daya ac 'x' dengan daya 1/2Pk adalah 320 watt, maka</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asumsi harga listrik yang dibutuhkan AC untuk mencapai suhu sejuk nyaman adalah : Harga listrik (per watt) x Besar daya AC (watt) = 1352 rupiah/kwh x 320 watt = <u>1352 rupiah/wh</u> x 320 watt 1000 = 432,64 rupiah/jam 2. Asumsi lama penggunaan AC 8 jam, maka harga listrik adalah 432,64 rupiah/jam x 8 jam = Rp 3.461,- 3. Asumsi biaya listrik terkait penggunaan AC/bulan adalah :Rp 3.461,- x 30 hari = Rp 103.833,- / bulan.

4. PENUTUP

IV.1 KESIMPULAN

1. Faktor arsitektural yang mempengaruhi kenyamanan termal pada hunian, terkait penelitian praktikan adalah orientasi dan luas bukaan pada bangunan. Seluruh objek uji memiliki tipe bukaan serupa, bukaan pada satu arah saja yang terdapat pada fasade, sehingga pengaruhnya terhadap kenyamanan termal di dalam hunian (objek uji) yaitu :

Foam Concrete Sebagai Alternatif Material Dinding Terkait Perencanaan Kenyamanan Termal Pada Rumah Hunian

- A. Pada pagi hari, hunian yang berorientasi ke arah Timur Laut lebih panas dibandingkan hunian yang berorientasi ke arah Barat Daya, yaitu :
1. Hunian yang menggunakan dinding foam concrete lebih panas 2,6 °C pada ruang tamu dan 2,1 °C pada ruang tidur.
 2. Hunian yang menggunakan dinding batu bata lebih panas 2 °C pada ruang tamu dan 0,6 °C pada ruang tidur.
- (tabel 3, tabel 6 pengukuran suhu objek uji utama ruang tamu dan ruang tidur)
- B. Pada sore hari, hunian yang berorientasi ke arah Barat Daya lebih panas dibandingkan hunian yang berorientasi ke arah Timur Laut, yaitu :
1. Hunian yang menggunakan dinding foam concrete lebih panas 0,5 °C pada ruang tamu dan 0,3 °C pada ruang tidur.
 2. Hunian yang menggunakan dinding batu bata lebih panas 0,8 °C pada ruang tamu dan 0,7 °C pada ruang tidur.
- (tabel 5, tabel 8 pengukuran suhu objek uji utama ruang tamu dan ruang tidur)

2. Objek uji foam concrete belum mencapai standar sejuk nyaman ^[9] yaitu 22.8 °C (tabel 9), namun dapat dikatakan mampu menginsulasi termal pada pukul 13.00 yaitu ruang tidur yang menggunakan dinding foam concrete (pada orientasi Timur laut dan Barat Daya). Berdasarkan hasil pengukuran, pada ruang tidur orientasi Timur Laut suhu ruang direduksi 0.8 °C dan pada ruang tidur orientasi Barat Daya suhu ruang direduksi 0.7 °C. (tabel 4, tabel 7, pengukuran suhu ruang tidur dan ruang luar objek uji utama.)

3. Sifat material foam concrete bila dibandingkan dengan material batu bata merah perihal sifat menginsulasi termal, dari hasil pengukuran suhu ruang pada orientasi Timur Laut dan Barat Daya yaitu :

- a. Pada pagi hari, suhu ruang yang menggunakan material foam concrete lebih panas dari material batu bata pada tiga ruang objek uji, yaitu pada ruang tamu dan ruang tidur objek uji Timur Laut serta pada ruang tamu objek uji Barat Daya. (pengukuran pukul 10.00 pada grafik 1a, 1b dan 1c)
- b. Pada siang hari hanya hasil pengukuran pada ruang tidur orientasi Timur Laut dimana hasil pengukuran suhu batu bata lebih panas dari foam concrete. Pada ruang tamu orientasi Timur Laut, suhu batu bata lebih dingin. Sedangkan pada hasil pengukuran suhu ruang tamu dan ruang tidur orientasi Barat Daya batu bata dan foam concrete setara. (pengukuran pada pukul 13.00 grafik 1a, 1b, 1c dan 1d)
- c. Pada sore hari untuk orientasi Timur Laut hasil pengukuran suhu ruang tamu dan ruang tidur material foam concrete lebih panas. Sedangkan pada orientasi Barat Daya hasil pengukuran suhu batu bata dan foam concrete pada ruang tamu dan ruang tidur setara. (pengukuran pada pukul 16.00 grafik 1a, 1b, 1c dan 1d)

4. Penggunaan material foam concrete sebagai dinding pengisi terhadap biaya operasional harian terkait biaya listrik penggunaan AC, adalah menghabiskan biaya Rp 103.833,- / bulan. Tidak didapatkan efisiensi biaya terkait biaya listrik pada penggunaan material foam concrete karena suhu tertinggi berdasarkan hasil pengukuran (pengukuran pukul 13.00, pada ruang tamu objek uji orientasi Barat Daya) suhu ruang yang menggunakan material foam concrete sama dengan material batu bata. (tabel 7, hasil pengukuran suhu ruang tamu)

VI.2 SARAN

Untuk melakukan penelitian sejenis disarankan untuk

1. Menambahkan faktor lingkungan luar seperti vegetasi dan air cooling sebagai variabel penelitian yang mempengaruhi kualitas udara yang masuk ke dalam ruangan.

2. Memperhatikan perbandingan luas bukaan terhadap luas ruang, luas dinding yang menggunakan material kajian dengan luas lantai pada ruang yang akan dikaji, perbandingan lebar ruang terhadap tinggi ruang sebagai faktor desain arsitektur yang mempengaruhi termal dalam ruang.
3. Mengobservasi data bulan terpanas pada tahun dilakukannya penelitian, dan melakukan penelitian pada bulan tersebut untuk mendapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Catanese, Anthony J, James C. Snyder. Pengantar Arsitektur. Jakarta : Erlangga, 1984.
- [2] <https://hadiyanuariswanto.wordpress.com/2013/04/27/definisi-rumah-tinggal/>
- [3] <http://vokuz.com/kenyamanan-termal-pada-arsitektur-indonesia>
- [4] <http://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2012/08/25010319-Eka-Pradana-Susanto.pdf>
- [5] <http://www.indoenergi.com/2012/04/pengertian-efisiensi-energi.html>
- [6] http://www.academia.edu/8631933/PENGARUH_THERMAL_PROPERTIES_MATERIAL_BATA_MERAH_V._Totok_Noerwasito_et_al_PENGARUH_THERMAL_PROPERTIES_MATERIAL_BATA_MERAH_DAN_BATAKO_SEBAGAI_DINDING_TERHADAP_EFISIEN_ENERGI_DALAM_RUANG_DI_SURABAYA
- [7] <http://core.ac.uk/download/pdf/11712230.pdf>
- [8] <http://e-journal.uajy.ac.id/3395/6/5TA13281.pdf>
- [9] [http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20\(26\).pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20(26).pdf)
- [10] <http://www.worldweatheronline.com/>