KUANTIFIKASI MASSA TERMAL DALAM BANGUNAN PADA DAERAH TROPIS

QUANTIFICATION OF THERMAL MASS IN BUILDING IN THE TROPICS

Kadek Surya Dharma[1], Ery Djunaedy[2], Suprayogi[3]

[1,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]suryadekya15@gmail.com, [2]erydjunaedy@gmail.com, [3]spiyogi@yahoo.co.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki karakteristik suhu rata-rata 35^{0}C, sehingga pengkondisian termal dalam bangunan menjadi perhatian utama agar tercapainya kenyamanan termal bagi penghuni bangunan. Konsep massa termal merupakan mekanisme menyerap, menyimpan dan melepaskan panas pada material bangunan yang bertujuan untuk menurunkan temperatur puncak dan beban pendinginan puncak pada bangunan yang menggunakan AC. Bangunan yang mempunyai massa termal yang baik tentunya dibangun dengan material yang sesuai dengan iklim setempat. Parameter yang bisa merepresentasikan massa termal adalah kapasitas panas, effusivitas termal, diffusivitas termal, waktu termal, volume selubung dan luas permukaan dalam bangunan. Bangunan yang dibangun dengan material beton bisa dipastikan mempunyai massa termal yang lebih baik jika dibandingkan dengan bangunan yang dibangun dengan kayu ketebalan yang sama karena beton mempunyai nilai kapasitas panas yang lebih besar daripada kayu. Tetapi ketika dua bangunan dibangun dengan material beton yang berbeda jenis tidak bisa ditentukan secara langsung bangunan yang mempunyai massa termal yang lebih baik. Oleh karena itu diperlukan perhitungan massa termal dan simulasi pada masing-masing jenis bangunan untuk mendapatkan massa termal yang optimum. Massa termal optimum merupakan nilai massa termal yang sudah tidak berpengaruh lagi terhadap perubahan suhu maupun beban pendinginan dalam bangunan.

Hasil penelitian memperoleh parameter yang paling merepresentasikan massa termal adalah waktu termal, karena memiliki tingkat korelasi paling tinggi terhadap suhu dalam bangunan yaitu sebesar -0.85. Waktu termal optimum setelah dianalisis yaitu sebesar 181042 s (≈50 jam).), maka jika t > 50 jam masa termal tidak efektif lagi, karena tidak terjadi penurunan signifikan suhu dalam bangunan. Hasil dari penelitian juga menunjukkan semakin lama waktu termal maka fluktuasi suhu permukaan dalam bangunan semakin rendah.

Kata kunci : Massa termal, parameter massa termal, temperatur puncak dan beban pendinginan puncak

Abstract

Indonesia is a tropical country that has the characteristics of an average temperature of 35^{0}C, so that the thermal conditioning of the building is a major concern in order to achieve thermal comfort for building occupants. The concept of thermal mass is a mechanism to absorb, store and release heat on building materials that aim to reduce peak temperature and peak cooling loads in buildings that use air-conditioning. Buildings that have good thermal mass must be built with materials to suit the local climate. Parameters that can represent the thermal mass is the heat capacity, thermal effusivity, thermal diffusivity, terms of time, volume and surface area in the building. The buildings are constructed with concrete material may simply have better thermal mass when compared to buildings constructed with wood of the same thickness as the concrete has a value greater heat capacity than wood, but when two buildings constructed with concrete materials of different types, cannot be determined easily that which buildings have better thermal mass. It is therefore necessary thermal mass calculations and simulations on each type of building to obtain the optimum thermal mass. Optimum thermal mass is the value of thermal mass that has no effect anymore to changes in temperature and cooling loads in buildings.

Results obtained parameters that most represents the thermal mass is the thermal time, because it has the highest level of correlation to the temperature inside the building that is equal to -0.85. Optimum thermal time amounted to 181 042 s (≈50 hours).), If t> 50 hours then the thermal time is no longer effective, as there was no significant decrease in the temperature in the building. Results from the study also showed that the longer the thermal time then fluctuations in the surface temperature of the building will be more stable.

.

Keywords: Thermal mass, thermal mass parameters, peak temperatures, and peak cooling load

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulstiwa sehingga termasuk dalam iklim tropis yang memiliki karakteristik suhu rata-rata 35ºC [1].Kondisi ini kurang menguntungkan bagi manusia dalam melakukan aktifitasnya sebab produktifitas manusia cenderung menurun pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau terlalu panas. Oleh karena itu diperlukan sebuah mekanisme untuk membuat fluktuasi temperatur dalam bangunan agar lebih stabil yaitu, merancang bangunan dengan mempertimbangkan nilai masa termal pada konstruksi sehingga kenyamanan termal dalam bangunan bisa tercapai.

Massa termal menggambarkan kemampuan suatu material untuk menyerap, menyimpan dan melepaskan energi panas [2]. Menyerap panas karena suhu lingkungan tinggi dan melepaskannya saat suhu lingkungan rendah. Dalam desain bangunan, konsep ini sangat berguna untuk menunda suhu panas ekstrem yang terjadi pada siang hari dan menjaga suhu dalam ruangan agar tetap nyaman pada malam hari, sehingga bisa mengurangi beban pendinginan puncak dan temperatur puncak suatu bangunan [3].

Kemampuan suatu material untuk menyerap, menyimpan dan melepaskan energi panas tergantung dari sifat termalnya, seperti kapasitas panas spesifik (*specific heat capacity*), massa jenis (*density*), dan konduktivitas termal (*thermal conductivity*) [5]. Parameter yang merepresentasikan massa termal adalah kapasitas panas, effusivitas termal, diffusivitas termal, dan waktu termal. Namun parameter massa termal optimum untuk merepresntasikan bangunan didaerah tropis belum ditentukan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, akan dilakukan beberapa permodelan bangunan kubik sederhana yang terdiri dari berbagai kombinasi tipe bangunan, ketebalan, material, dan geometri, selain itu dilakukan simulasi dan perhitungan parameter massa termal tiap kombinasi bangunan untuk mengetahui temperatur puncak dalam bangunan, beban pendinginan puncak dan parameter massa termal. Selanjutnya membandingkan parameter massa termal antara kombinasi bangunan, sehingga bisa menentukan bangunan yang paling massive dengan penggunaan massa termal yang dianggap optimum untuk daerah tropis. Penelitian ini menggunakan data temperatur daerah kota Bandung.

Parameter Massa Termal

Kapasitas Panas

Kapasitas panas (HC) parameter yang menunjukkan seberapa besar kapasitas suatu material/bahan untuk menampung panas.

$$HC = L \times \rho \times c \qquad (1)$$

dengan :

HC = Heat capacity atau kapasitas panas (J/m^2K)

L= Ketebalan dinding bangunan (m)

c = *Specific heat capacity* atau kapasitas panas spesifik (J/kgK)

ρ = Massa jenis material (kg/m^3)

Thermal effusivity

Thermal effusivity (e) adalah laju dimana material dapat menyerap dan melepaskan panas. Digunakan untuk menunjukkan kapasitas bahan untuk menyerap dan melepaskan panas [7].

$$e = (k\rho c)^{0.5} \qquad (2)$$

dengan :

e = *Thermal effusivity* atau efusivitas termal ($W/m^2Ks^{0.5}$)

k = Konduktivitas termal (W/mK)

ρ = Massa jenis bahan (kg/m^3)

c = *Spesific heat capacity* atau kapasitas panas spesifik (J/kgK)

Thermal Diffusivity

Thermal diffusivity (α) adalah indikasi kecepatan temperatur untuk melalui ketebalan suatu dinding [7].

$$\alpha = \frac{k}{\rho c} \qquad (3)$$

dengan :

α = *Thermal diffusivity* atau diffusivitas termal (m^2/s)

k = Konduktivitas termal (Wm/K)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

c = Kapasitas panas spesifik (J/kgK)

Waktu Termal

Waktu termal (t) adalah waktu yang diperlukan selubung untuk mencapai kondisi equivalent antara suhu antara permukaan luar selubung dan permukaan dalam selubung [4].

$$t = \frac{L^2}{\alpha} \qquad (4)$$

dengan :

t = Waktu (s)

L = Ketebalan dinding bangunan (m)

α = *Thermal diffusivity* atau diffusivitas termal (m^2/s)

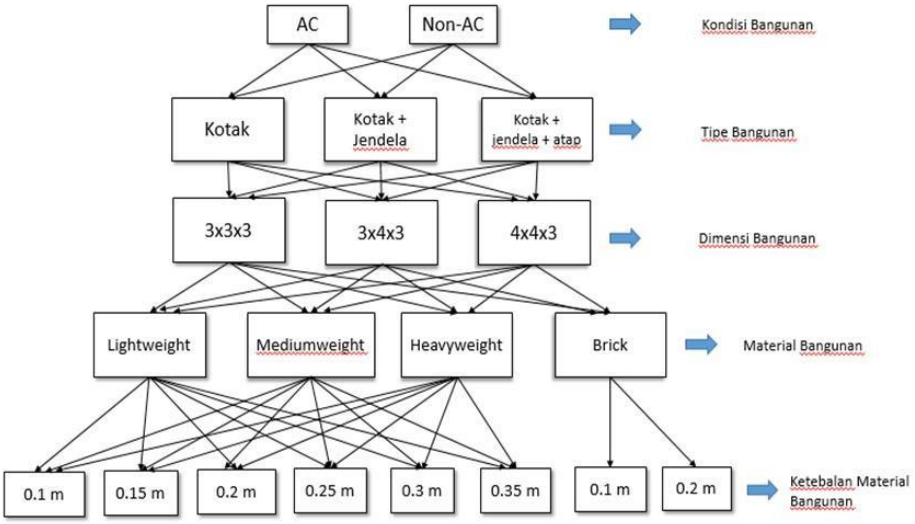
Metodologi

Alur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi dua bagian penelitian yaitu dapat dilihat pada Gambar 1 :

- Studi kasus 1
  Studi kasus 1 dalam penelitian ini yaitu melakukan simulasi dan perhitungan parameter masa termal pada model bangunan yang telah dirancang untuk mengetahui parameter masa termal optimum yang digunakan didaerah tropis, dengan menggunakan data temperatur Kota Bandung. Luaran simulasi studi kasus 1 adalah temperatur puncak dan beban pendinginan puncak setiap kombinasi bangunan. Simulasi model rumah juga dilakukan untuk membuktikan parameter termal optimum yang didapatkan dari simulasi model bangunan.
- Studi kasus 2
  Studi kasus 2 dalam penelitian ini yaitu menganalisis temperatur permukaan atap bagian dalam dengan waktu selama 24 jam. Bertujuan untuk melihat fluktuasi temperatur pada setiap kombinasi bangunan sehingga bisa menentukan nilai masa termal pada bangunan yang memiliki temperatur puncak tertinggi dan terendah.

Pemodelan dan simulasi



Gambar 2. Permutasi Bangunan

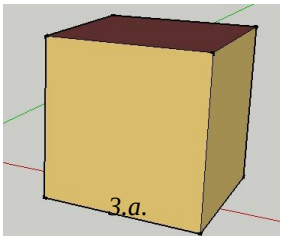
Tabel 1 Karakteristik Termal Kaca

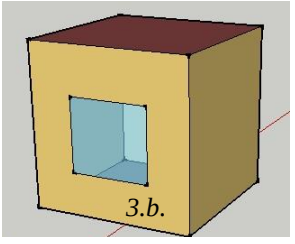
Jenis kaca	U (W/m2.K)	SHGC	*Visible transmission*
Simple Glazing Glass	5	0.8	0.8

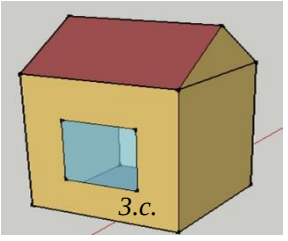
Tabel 2 Karakteristik Termal Selubung

Konstruksi	Jenis Material	k (W/mK)	Cp (J/kgK)	ρ (kg/m^3)
Dinding, Lantai, Atap	Lightweight	0.53	840	1280
	Mediumweight	0.89	700	1600
	Heavyweight	1.95	900	2240
	Brick	0.89	790	1920

Pada simulasi ini menggunakan beberapa kombinasi bangunan. Pada gambar 2 memperlihatkan kombinasi yang terdiri dari jenis bangunan, geometri bangunan, material bangunan, dan ketebalan yang digunakan. Total kombinasi untuk bangunan AC dan nonAC adalah 480 bangunan. Model bangunan hanya terdiri dari 1 lantai dengan tinggi 3 m. Konstruksi selubung bangunan untuk lantai, atap dan dinding disamakan. Bangunan dengan AC menggunakan AC tipe VRF. Bangunan dengan kaca menggunakan pemasangan orientasi barat.





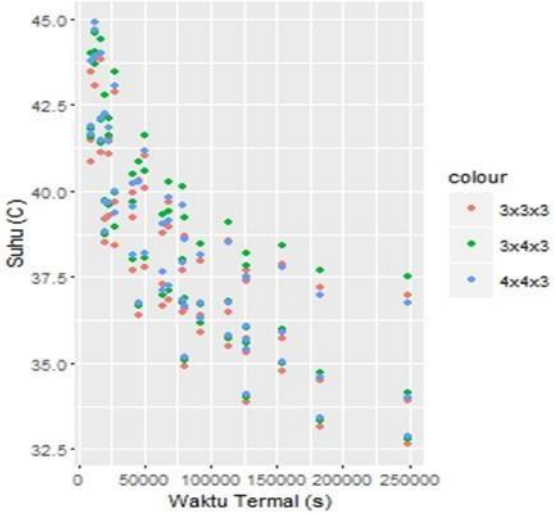


(Gambar 3.a bangunan kotak, gambar 3.b bangunan kotak dengan jendela, dan gambar 3.c merupakan kotak dengan jendela dan atap slope)

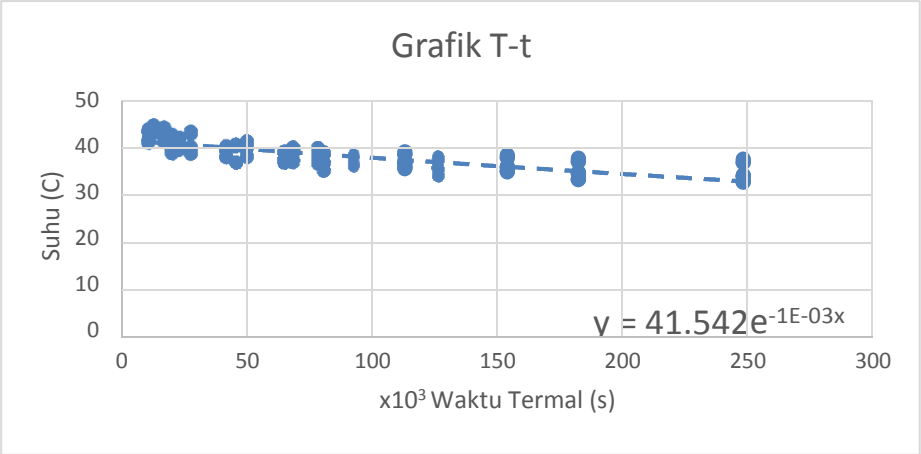
Analisis dan Hasil

- Studi kasus 1

Hasil simulasi dan perhitungan parameter massa termal menghasilkan korelasi terkuat antara hubungan waktu termal dengan suhu dalam bangunan dibandingkan dengan parameter lainnya. Semakin besar nilai wkatu termal maka terjadi penurunan suhu dalam bangunan. Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara suhu dalam bangunan dengan waktu termal. Waktu termal optimum selanjutnya didapat dari analisis grafik antara suhu dalam bangunan dengan waktu termal.



Gambar 4 Waktu Termal terhadap Suhu



Gambar 5. Grafik Hubungan T~t pada Model

Waktu termal optimum didapatkan sebesar 181042 s (≈50 jam). Sehingga t > 50 jam tidak efektif lagi karena tidak terjadi penurunan suhu dalam ruangan yang signifikan setelahnya.

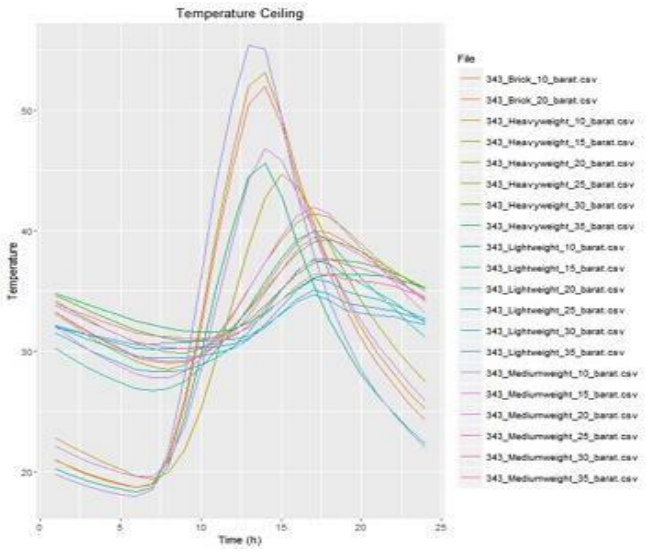
- Studi kasus 2

Analisis hubungan temperatur permukaan atap bagian dalam terhadap waktu selama 24 jam

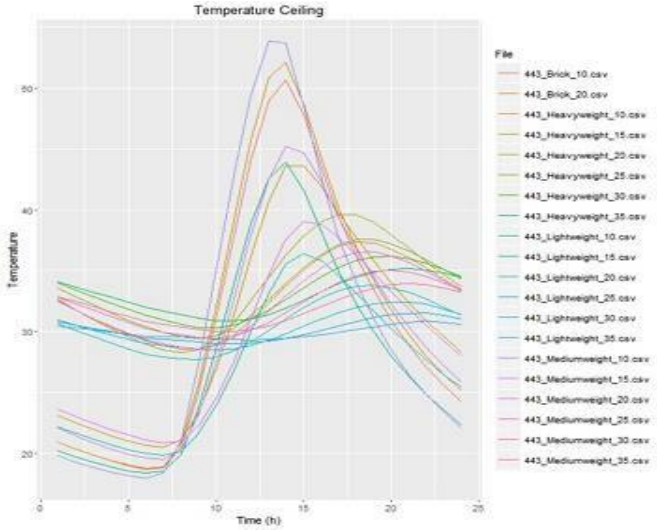
Pada studi kasus ini mengambil waktu puncak pada tiap masing-masing jenis bangunan, lalu ditentukan waktu puncak tertinggi diantara waktu puncak lainnya dan waktu puncak terendah dari waktu puncak lainnya tujuannya untuk melihat pengaruh waktu termal pada fluktuasi suhu dalam sehari.

Bangunan tanpa AC

Pada bangunan tanpa AC hasil temperatur yang didapatkan yaitu temperatur puncak tertinggi selalu terdapat pada bangunan yang dibangun dengan material mediumweight dengan ketebalan 0.1 m karena memiliki waktu termal yang kecil yaitu sebesar 12584 s (3.5 jam) sedangkan suhu puncak terendah selalu terdapat pada bangunan dengan material lightweight dengan ketebalan 0.35 m karena memiliki waktu termal sebesar 248513 s (69 jam). Ini berarti semakin besar wkatu termal maka suhu puncak yang dicapai semakin rendah. Rata-rata termal lag yang terjadi 4-9 jam.



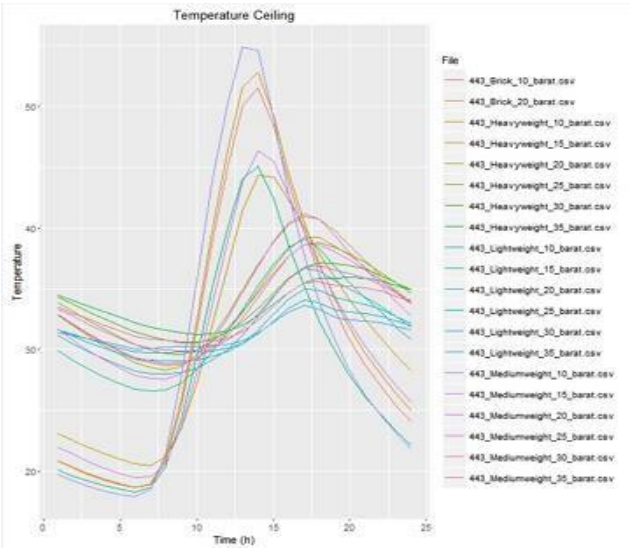
Gambar 6. Hubungan Temperatur dan waktu pada bangunan kotak 3x4x3 dengan atap slope dan jendela



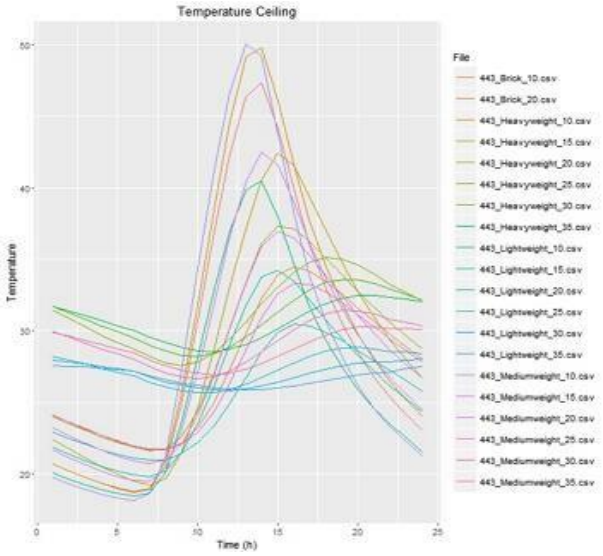
Gambar 7. Hubungan Temperatur dan waktu pada bangunan kotak 4x4x3

Bangunan dengan AC

Pada bangunan dengan AC bisa dilihat hasil temperatur yang didapatkan yaitu temperatur maksimum selalu terdapat pada bangunan yang dibangun dengan material mediumweight dengan ketebalan 0.1 m karena memiliki waktu termal yang kecil yaitu sebesar 12584 s (3.5 jam) sedangkan suhu puncak terendah selalu terdapat pada bangunan dengan material lightweight dengan ketebalan 0.35 m karena memiliki waktu termal sebesar 248513 s (69 jam). Ini berarti semakin besar wkatu termal maka suhu puncak yang dicapai semakin rendah.



Gambar 8. Hubungan Temperatur dan waktu pada bangunan kotak 4x4x3 dengan atap slope dan jendela



Gambar 9. Hubungan temperatur dan waktu pada bangunan kotak 4x4x3

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter masa termal adalah parameter yang bisa merepresentasikan masa termal bangunan secara terukur melalui interpretasi angka-angka. Dalam penelitian ini waktu termal ditentukan sebagai parameter masa termal karena tingkat korelasi tertinggi sebesar -0.85 terhadap suhu dalam bangunan.
2. Nilai masa termal optimum adalah 181042 s (≈50 jam), maka jika t > 50 jam masa termal tidak efektif lagi, karena tidak terjadi penurunan suhu dalam bangunan secara signifikan. Nilai waktu termal tersebut merupakan nilai optimum berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan parameter massa termal, karena dengan waktu termal sebesar 50 jam dapat mengurangi suhu puncak dan fluktuasi dalam bangunan.
3. Material bangunan yang mempunyai karakteristik termal seperti material beton *lightweight* merupakan material yang tepat untuk diaplikasikan di daerah yang beriklim tropis seperti Indonesia karena berdasarkan hasil simulasi, suhu puncak dalam bangunan dan beban pendinginan puncak yang dicapai oleh material beton lightweight memiliki nilai terendah dari semua kombinasi material bangunan yang disimulasikan.

Referensi

[1]BMKG. Data prakiraan cuaca Indonesia–BMKG. [Online] http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Informasi_Cuaca/Prakiraan_Cuaca/Prakiraan_C uaca_Indonesia.bmkg

[2]"DCH_Book_WEB.pdf."[Online].Available:http://www.nzcma.org.nz/document/27932/DCH_Book_WEB.pdf. [Accessed: 10-Jan-2016].

[3] Balaras. C.A, 1995, "*The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods*," Athens, National Observatory of Athens, Institute of Meteorology and Physics of the Atmospheric Environment, Group Energy of Conservation.

[4] Childs. K.W, 1983, "*Thermal Mass Assessment, An Explanation of the Mechanisms by Which Building Mass Influences Heating and Cooling Energy Requirements*," Oak Ridge, Tennessee, Union Carbide Corporation for the Department of Energy, U.S Department of Energy.

[5] Saulles. Tom de, "The Concrete Center," 2009. [Online]. Available: http://wookware.org/files/MB_Thermal_Mass_Explained_Feb09.pdf

[6] Wonohardjo. Surjamanto, 2008, "*Wall Panel and Material for Tropical Area, case study: The City of Bandung, Indonesia*," Bandung, School of Architecture, Planning and Policy Development, Bandung Institute of Technology.

[7] Kinhane. O, 2015, "*Experimental Investigation of Thermal Inertia Properties in Hemplime Concrete Walls*," Belfast, Architecture at SPACE, Queen's University, Ireland.