

Pengaruh Pewarnaan Beton Cetak Pada Dinding Serap Sebagai Selubung Bangunan Tinggi

Slamet Anambyah, Endang Setyowati

Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Widya Mataram Yogyakarta
Dalem Mangkubumen KT III/237 Yogyakarta, tlp. 0274 377150
email: eniel_ars@yahoo.com

Abstrak

The use of exterior building materials will indirectly affect the room temperature. Planners are expected to choose the type of building materials in accordance with the climate and building conditions to produce good quality buildings. One alternative is to use absorbing wall as a building envelope. Absorbing wall is a kind of wall made of concrete plate with a certain thickness (in the study used a thick wall as 10 cm) that could reduce heat to not cause thermal effects on the environment and on the exterior of the building (Frick, 1998). To support the appearance and aesthetics of the building the walls absorb has coloured. Coloring the wall will affect the absorb surface of the wall to ward heat and indirectly affect the room temperature. Besides, the wall thickness and duration of heating also influence.

The research method used was an experiment in the laboratory. Observations were made by measuring temperature in the room which is divided into four stages of observation, of each within 1.5 hours, six hours and one hour.

The results showed that the walls absorb the color produced in the room temperature is higher than the outer space with a difference in temperature between 2-6⁰ Celsius. This is due partly because the space is measured is a sealed space, no change of air in the morning and night, so hot that occurred during the day generated by the exterior wall confined in the building. According to the standard of comfort at room temperature, the use of absorbtive wall color in these experiments included in the category uncomfortable.

Keywords: *absorbing wall color, building temperature, heat confined*

1. Pendahuluan

Fasade bangunan yang didukung dengan teknologi dinding ekpos akan mempengaruhi *performance* bangunan. *Performance* bangunan yang ditunjang oleh penggunaan bahan-bahan bangunan pada eksterior bangunan secara tidak langsung akan mempengaruhi suhu/temperatur ruang dalam secara umum. Penggunaan bahan-bahan bangunan yang bersifat memantulkan cahaya dan panas atau bahan-bahan yang bersifat menyimpan panas akan menyebabkan meningkatnya temperatur lingkungan (di dalam dan di luar bangunan) (heat-island effect) (Prasasto, 2002).

Merupakan suatu langkah yang bijak jika perencanaan bangunan dapat menentukan penggunaan bahan-bahan selubung bangunan yang tepat.

Pemilihan bahan dipertimbangkan dari segi kenyamanan pemakai bangunan, kenyamanan lingkungan sekitar, kemudahan pemeliharaan, efisiensi biaya pengadaan maupun pemeliharaan, dan lain-lain. Salah satu alternatif pemilihan selubung bangunan yang dimaksud adalah pemakaian dinding serap yang diwarna pada campuran bahan betonnya.

Dinding serap adalah dinding yang mampu mereduksi panas hingga tidak menimbulkan efek panas pada lingkungan dan pada interior bangunan (Frick, 1998). Penggunaan warna pada campuran beton sebagai bahan dinding bertujuan untuk memberikan estetika penampilan pada muka bangunan. Dalam penelitian ini akan dikaji seberapa besar pengaruh penggunaan warna seba-

gai estetika tersebut terhadap efek kenyamanan suhu pada ruang dalam dan ruang luar.

Dalam teori warna (Daniel, 1997) warna-warna cerah akan memantulkan cahaya, sedangkan warna-warna gelap cenderung menyerap cahaya. Daya serap dan daya pantul permukaan bahan dinyatakan dengan koefisien penyerapan bahan (α). Masing-masing bahan memiliki angka koefisien yang berbeda-beda, tergantung pada karakteristik bahan, termasuk warna permukaan bahan (Y.B. Mangunwijaya, 1980). Besar kecilnya daya serap dan daya pantul bahan dapat mempengaruhi kenyamanan termis di dalam maupun di luar bangunan.

2. Fundamental

A. Selubung Dinding Cerap

Pada perencanaan Eko Arsitektur selalu memanfaatkan alam sebagai berikut:

- a. Dinding dan atap sebuah bangunan sesuai dengan tugasnya harus melindungi sinar, panas, angin dan hujan.
- b. Dinding suatu bangunan harus dapat memberi perlindungan terhadap panas. Daya serap panas sesuai dengan kebutuhan iklim/suhu ruang di dalamnya. Bangunan yang memperhatikan pengkondisian udara secara alami bisa menghemat banyak energi (Nirwono, 009)

Dinding serap berfungsi sebagai reduktor panas yang sampai pada permukaan bidang dan dapat menghambat panas tersebut ke dalam bangunan. Serapan dan pemantulan juga dipengaruhi oleh tektur permukaan. Dalam penelitian ini tekstur permukaan benda/bahan tidak diamati dan tidak digunakan sebagai variabel penelitian. Pengamatan dibatasi pada penggunaan warna permukaan bahan dan efek penggunaan warna tersebut pada suhu ruang. Dinding serap dibuat dari rangka kawat baja dengan selubung beton. Dinding ini dapat digunakan sebagai dinding non struktural pada bangunan tinggi. Bangunan tinggi umumnya menggunakan alternatif sistem struktur dan bahan bangunan yang terbuat dari baja dan atau beton untuk memberikan jaminan kekokohan bangunan terhadap beban gravitasi maupun lateral sesuai dengan ketinggian bangunan yang dibutuhkan (Schueller, 1983). Demikian juga

sistem dan bahan dinding bangunan yang berfungsi sebagai dinding selubung non struktural (*wall envelope*). Dinding selubung digunakan sebagai dinding interior maupun eksterior. Pemilihan bahan bangunan untuk dinding ini akan berpengaruh pada penampilan komponen visual bangunan dan juga pada efek panas dari radiasi matahari yang sampai pada permukaan dinding. Permukaan dinding berwarna gelap cenderung menyerap panas yang dimungkinkan akan mempengaruhi peningkatan suhu udara pada ruang dalam, dan permukaan dinding berwarna terang cenderung memantulkan panas yang dimungkinkan akan mempengaruhi peningkatan suhu udara pada lingkungan sekitar bangunan.

Desain tirai penyelubung harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

- a. Kriteria lingkungan yaitu sebagai pengontrol cahaya, radiasi panas, konduksi panas, uap air, dan tahan cuaca.
- b. Kriteria struktur yang meliputi resistensi beban, fleksibel terhadap pergerakan struktur dinding, ekspansi-kontraksi (kembang susut), resisten terhadap uap air dan tahan api.
- c. Kriteria regulasi bangunan yaitu tahan terhadap api (*fire rating*), pembebanan dan gempa.
- d. Kriteria Estetika yaitu untuk penampilan eksterior memiliki kesesuaian dengan langgam dan warna (*color*) tertentu dalam konteks arsitektur kota setempat.
- e. Kriteria Biaya yaitu harus mempertimbangkan biaya awal dan biaya operasional bangunan.
- f. Kriteria Konstruksi yang terkait dengan metode pemasangan yang tepat, dan efektivitas manajemen konstruksi.
- g. Kriteria Pemeliharaan dengan mempertimbangkan masa pemeliharaan, pemeliharaan preventif, penggantian suku cadang selama umur bangunan.

Pemakaian dinding serap sebagai dinding non struktural pada bangunan tinggi diharapkan akan memiliki disain yang memenuhi kriteria tersebut di atas. Fungsi dan permasalahan pada dinding penutup luar (Frick, 1998), meliputi:

Tabel 1. Fungsi dan permasalahan pada dinding penutup luar

Fungsi dan pengaruh luar	permasalahan
Fungsi sebagai pemisah luar dan dalam	Perasaan kenyamanan
Perlindungan terhadap radiasi matahari	Refleksi sinar matahari Sifat menyimpan panas Sifat penghantar panas
Perlindungan terhadap hujan	Siar harus rapat air Tahan air/kelembaban (memungkinkan adanya pergerakan kelembaban tanpa merusak dinding)
Perlindungan terhadap angin	Siar harus rapat angin Konstruksi harus rapat terhadap gaya angin

B. Pengaruh Warna pada Kenyamanan Thermis

Dinding cerap memiliki warna relatif gelap sesuai dengan bahan dasarnya, yaitu beton. Warna-warna terang menyebabkan terjadinya pemantulan panas, sedangkan warna gelap memiliki kecenderungan menyimpan panas atau menyerap panas. Pemantulan panas yang disebabkan oleh penggunaan warna terang akan berdampak pada kenyamanan lingkungan sekitar dalam skala kecil dan lingkungan kota dalam skala besar. Penggunaan warna-warna terang pada selubung eksterior bangunan dalam skala yang besar dan terus menerus akan mempengaruhi atmosfer bumi (Mangunwijaya, 1981).

Sedangkan penggunaan warna gelap yang cenderung menyerap panas akan berpengaruh pada kenyamanan thermis pengguna bangunan, yang berdampak pada kebutuhan penggunaan alat-alat pendingin ruang (AC).

C. Psikologi Pembentuk Ruang

Ruang akan lebih menarik lagi apabila “*finishing*” lantai maupun dinding diberi bahan pelapis. Dalam pelapisan dinding dan lantai perlu mempertimbangkan material yang dipakai.

Pengaruh cat/pemberian warna bidang-bidang lantai dan dinding mempunyai pengaruh terhadap suhu dinding. Pilihan warna pada cat dinding sangat mempengaruhi suhu permukaan dinding tersebut. Warna tua/gelap akan meng-

akibatkan kenaikan suhu dinding sampai dua kali suhu udara, yang akan berakibat suhu ruang ikut naik setelah beberapa waktu (*time lag*) (Frick, 2004).

Panas yang mengenai permukaan dinding luar akan menghangatkan juga permukaan dinding dalam setelah beberapa waktu menurut daya serap dan tebalnya dinding. Waktu antara suhu tertinggi di bagian dinding luar dan suhu tertinggi di bagian dinding dalam disebut perbedaan waktu. Perbedaan waktu tersebut sangat mempengaruhi iklim mikro dan suhu dalam ruang. Menurut jenis bahan dan tebalnya dinding dapat ditentukan perbedaan waktu (η) tersebut sebagai berikut: (Frick, 2004)

Tabel 2. Perbedaan waktu karena bahan dan tebal dinding

Bahan bangunan	Tebalnya dinding	Perbedaan waktu (η)
Dinding batu alam	20 cm	5,5 jam
	30 cm	8,0 jam
	40 cm	10,5 jam
Dinding beton	10 cm	2,5 jam
	15 cm	3,8 jam
	20 cm	5,1 jam
Dinding batu bata	10 cm	2,3 jam
	20 cm	5,5 jam
	30 cm	8,5 jam
Dinding kayu	2,5 cm	0,5 jam
	5 cm	1,3 jam

Perbedaan waktu juga ditentukan oleh orientasi dinding. Biasanya dipilih waktu pada malam hari, sehingga panas yang terjadi tidak terlalu tinggi.

3. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah percobaan di laboratorium tentang pengaruh sistem pewarnaan pada bahan dinding terhadap efek panas pada ruang dalam dan lingkungan sekitar. Alat, bahan dan proses percobaan adalah sebagai berikut:

Alat

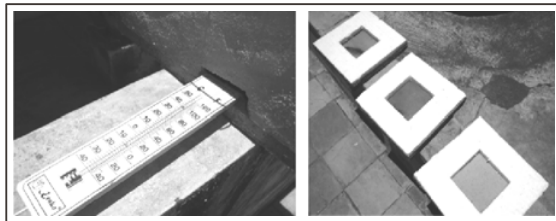
1. Alat utama yang digunakan adalah model dinding beton yang diberi warna pada campuran

betonnya. Model dinding yang digunakan berskala 1 : 10 (gambar 1)

2. Alat bantu berupa pengukur suhu ruang (thermometer ruang) (gambar 2)
3. Alat pembuat beton berupa ember dan pengaduk
4. Alat cetak dinding beton, digunakan perancah yang dibuat dari sterefoam (gambar 2)
5. Alat pertukangan yang lain



Gambar 1. Model dinding serap skala 1:10



Gambar 2. Alat pengukur suhu dan cetakan beton

Bahan

1. Bahan campuran beton dengan perbandingan IPC:3 pasir ditambah air.
2. Bahan pewarna cat dinding (digunakan warna merah, biru dan kuning). Pemilihan warna disesuaikan dengan sifat warna terhadap daya serap panas. Warna merah dan biru mewakili warna gelap, dan warna kuning mewakili warna terang.

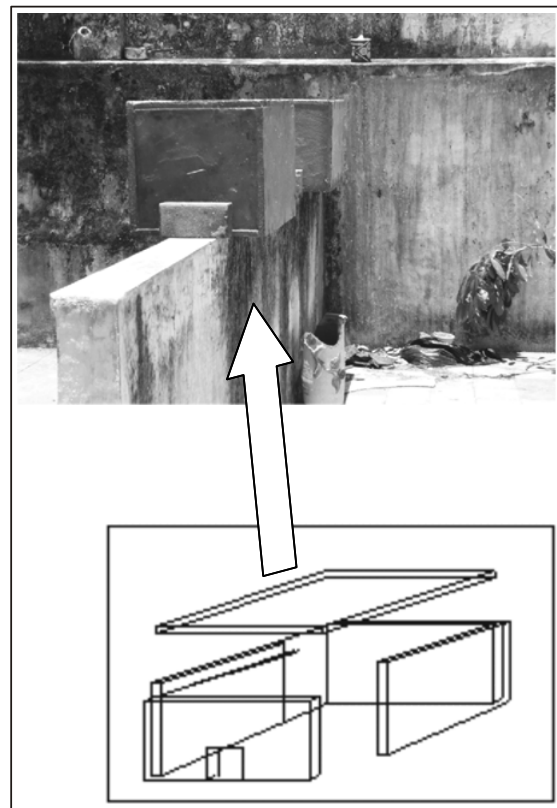
Proses

Proses penelitian dibagi dalam beberapa tahapan yang terdiri dari:

- 1). Tahap ke 1 adalah proses pembuatan cetakan beton, pembuatan campuran beton dan pewarnaan, pencetakan dinding beton dan

membuat prototipe ruang dengan selubung dinding beton. Prototipe ruang dibuat dalam skala 1:10 (lihat gambar 3). Cetakan beton yang terbuat dari sterofoam terdiri dari lembaran alas dan lembaran cetakan (lihat gambar 2). Bahan beton dituang diatas lembar alas. Beton dibiarkan mengeras secara alami. Setelah beton berumur 2 minggu, maka cetakan dibuka, dan dinding beton siap digunakan (dirangkai) seperti pada gambar 3.

Dinding yang dihasilkan adalah dinding beton berwarna (tanpa dicat).



Gambar 3. Prototipe ruang skala 1:10

- 2). Tahap ke 2 adalah pengumpulan data dari hasil pengamatan yang dilakukan. Pengambilan data meliputi: pengukuran suhu ruang dalam, suhu ruang luar, dan waktu pengambilan data (diambil pada waktu kondisi terang langit relatif sama)
- 3). Tahap ke 3 adalah kompilasi data dan analisa. Dalam analisa dilakukan perbandingan suhu yang dihasilkan oleh penggunaan dinding serap warna, yang diukur pada ruang dalam dan ruang luar dengan menggunakan selu-

bung dinding serap yang memiliki warna yang berbeda-beda.

Selanjutnya dilakukan kategorisasi data berdasarkan waktu pengamatan, yang dibagi dalam 4 (empat) waktu pengamatan, yaitu pagi sebelum ada pemanasan, siang hari ada 2 (dua) waktu pengamatan yaitu pada kondisi pemanasan efektif dan pemanasan paling efektif, dan pada sore hari pasca pemanasan. Kategorisasi digunakan untuk mendapatkan suhu rata-rata yang dihasilkan. Hasilnya akan dilakukan komparasi terhadap penggunaan warna.



Gambar 4. Proses pembuatan campuran beton



Gambar 5. Proses pewarnaan beton

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan data sebagai berikut, data tersebut sudah dilakukan kompilasi dan kategorisasi dengan hasil pada tabel di bawah.

Data pada tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan suhu rata-rata antara ruang dalam dengan ruang luar sebesar 2°C pada pagi hari dan perbedaan suhu rata-rata sebesar 4°C – 6°C pada siang hari. Perbedaan suhu menunjukkan bahwa ruang dalam lebih panas dari ruang luar.

Bahan-bahan penghantar panas akan lebih cepat menjadi panas dari pada bahan-bahan penghambat panas (Mangunwijaya, 1981). Yang termasuk bahan penghantar panas adalah seng, logam, kertas, dll. Ciri-ciri bahan penghantar panas adalah bahan-bahan yang memiliki pori-pori yang kecil atau rapat. Sedangkan bahan penghambat panas adalah bahan yang memiliki pori-pori besar. Yang termasuk bahan penghambat panas antara lain kayu, gabus, kain, dan lain-lain. Beton termasuk bahan penghambat panas. Bahan penghantar panas akan lebih cepat menjadi panas jika terkena panas, dan cepat menjadi dingin jika terkena suhu dingin. Sebaliknya bahan penghambat panas akan lama menjadi panas jika terkena panas dan akan lama menjadi dingin kembali.

Dalam kasus dinding serap, dengan data seperti pada tabel 3, ruang dalam relatif lebih panas dari ruang luar baik pada pagi, siang dan sore hari, karena beton termasuk bahan penghambat panas. Panas yang terjadi pada dinding serap tersimpan di dalam ruang, dan pada hari berikutnya terjadi penambahan panas yang mengenai permukaan dinding kembali. Sehingga panas yang masih tersimpan, ditambahkan lagi oleh efek panas yang terus terjadi. Seakan-akan panas terkurung di dalam ruang (pengamatan dilakukan selama 3 bulan penuh).

Tabel 3. Komposisi suhu yang dihasilkan dari penggunaan dinding serap warna sebagai selubung bangunan

No	Waktu Pengamatan	Suhu Ruang Dalam ($^{\circ}\text{C}$) dengan Warna Dinding			Suhu Ruang Luar ($^{\circ}\text{C}$)
		Kuning	Merah	Biru	
1.	Pagi hari (sebelum ada pemanasan/belum ada panas sama sekali)/ jam 07.30 – 09.00	34,39	33,03	33,83	31,52
2.	Siang hari (waktu pemanasan efektif)/jam 09.00 – 13.00	39,01	39,20	39,13	34,07
3.	Siang hari (waktu pemanasan paling efektif)/jam 13.00 – 15.00	38,24	37,98	38,05	32,48
4.	Sore hari (pasca pemanasan)/ jam 15.00 – 16.00	39,93	38,19	37,43	33,27

Sumber: Hasil kompilasi data

Tabel 4. Komparasi suhu rata-rata ruang dalam dengan ruang luar diukur dari lamanya waktu pemanasan

No	Waktu Pemanasan	Suhu Rata Rata Ruang Dalam ($^{\circ}\text{C}$)			Suhu Rata Rata Ruang Luar ($^{\circ}\text{C}$)	Rata-Rata Perbedaan Suhu yang Terjadi ($^{\circ}\text{C}$)	Keterangan
		kuning	merah	biru			
1.	Pagi hari jam 7.30 – 9.00/1,5 jam	34,39	33,03	33,83	31,52	2	Suhu ruang dalam lebih tinggi dari ruang luar
2.	Siang hari jam 9.00 – 13.00/4 jam	39,01	39,20	39,13	34,07	4,5	Suhu ruang dalam lebih tinggi dari ruang luar/beda suhu cukup signifikan
3.	Siang hari jam 13.00 – 15.00/2 jam	38,24	37,98	38,05	32,48	5,5	Suhu ruang dalam lebih tinggi dari ruang luar/beda suhu cukup signifikan
4.	Sore hari jam 15.00 – 16.00/1 jam	39,93	38,19	37,43	37,27	5	Suhu ruang dalam lebih tinggi dari ruang luar/beda suhu cukup signifikan

Sumber : Analisa data

Menurut Gut (1993), panas yang diserap oleh permukaan dinding luar akan menghangatkan juga permukaan dinding dalam sesudah beberapa waktu menurut daya serap panas dan tebalnya dinding. Pada dinding serap, panas yang mengenai permukaan dinding mempengaruhi kondisi suhu ruang dalam. Karena bahan dinding yang terbuat dari beton adalah bahan penghambat panas, maka perubahan suhu yang terjadi pada ruang dalam terjadi secara lamban.

Rentang suhu pada kondisi nyaman menurut ASHRAE (1992, dalam Tri Harso, 2010) adalah $22,5^{\circ}\text{C}$ sampai dengan 26°C . Suhu ruang yang terjadi dengan menggunakan dinding serap 10°C lebih tinggi dari standart tersebut. Menurut standart ASHRAE kondisi suhu ruang dalam dengan menggunakan dinding serap dapat dikatakan sangat tidak nyaman.

Menurut Roesnani (1978) kenyamanan ruang dicapai jika terjadi perbedaan suhu antara ruang dalam dengan ruang luar sebesar $\pm 6^{\circ}\text{C}$, dengan suhu ruang dalam lebih kecil daripada ruang luar. Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan menggunakan dinding serap sebagai selubung bangunan, perbedaan suhu yang terjadi adalah 2°C – 6°C antara ruang dalam dengan ruang luar. Tetapi suhu ruang dalam lebih tinggi daripada ruang luar. Kondisi ini menurut standart yang digunakan oleh Roesnani (1978) dikatakan bahwa suhu ruang dalam tidak nyaman. Diperlukan penurunan suhu sebesar 4°C – 6°C , untuk mendapatkan kondisi nyaman.

Warna akan mempengaruhi daya serap dan daya pantul panas pada permukaan benda. Warna terang cenderung memantulkan panas, sedangkan warna gelap cenderung menyerap panas. Daya pantul dan daya serap permukaan benda ini akan mempengaruhi suhu ruang dalam dan atau ruang luar (Beedle, 1995).

Dinding serap adalah plat beton yang memiliki ketebalan optimal terhadap luasan maksimal platnya dengan ketebalan plat 0,5 cm sampai dengan 2 cm (Aleen, E, 1990). Dinding serap berwarna terang, diharapkan akan banyak memantulkan panas. Dinding serap berwarna gelap, diharapkan akan banyak menyerap panas. Besar kecilnya daya serap maupun daya pantul dinding serap ini dapat dilihat dari hasil suhu yang dihasilkan pada ruang dalam maupun ruang luar/lingkungan dengan penggunaan dinding serap berwarna.

Penggunaan warna terang diwakili oleh permukaan dinding serap yang diberi warna kuning, sedangkan penggunaan warna gelap diwakili oleh penggunaan dinding serap warna biru dan dinding serap warna merah.

Hasil yang ada (pada tabel 3) suhu rata-rata yang dihasilkan oleh dinding serap warna terang, warna sedang dan warna gelap menunjukkan angka rata-rata 38°C . Tidak ada perbedaan yang mendasar pada penggunaan warna terang, warna sedang dan warna gelap dalam pengaruhnya terhadap suhu ruang dalam. Pada dinding serap pengaruh suhu ruang dalam tidak terpengaruh oleh

warna yang digunakan. Penggunaan warna terang dan gelap relatif tidak ada perbedaan perilaku.

Penggunaan warna pada dinding serap dilihat dari pengaruhnya terhadap suhu lingkungan menunjukkan bahwa suhu rata-rata yang dihasilkan adalah 32,27⁰C. Perbandingan antara penggunaan warna terang, warna sedang dan warna gelap (kuning, merah dan biru) tidak menunjukkan perbedaan suhu yang signifikan. Suhu lingkungan relatif lebih rendah daripada suhu ruang dalam. Perbedaan suhu yang dihasilkan antara ruang dalam dengan ruang luar rata-rata 5⁰C. Suhu ruang dalam lebih tinggi daripada ruang luar. Dalam hal ini dinding serap mampu menyerap panas tetapi relatif tidak memantulkan panas sehingga suhu lingkungan dapat dicapai dalam derajat kenyamanan.

Bahan dinding adalah dinding beton dengan tebal 10 cm. Menurut Frick (2004), dinding beton dengan tebal 10 cm akan mengalami panas pada beda waktu 2,5 jam (dan akan berubah menjadi dingin kembali pada waktu yang sama) (tabel 2). Dalam penelitian ini, waktu pengamatan pertama (07.30–09.00) dilakukan selama 1,5 jam. Jadi panas pada permukaan luar dinding belum mempengaruhi suhu dalam ruang. Pengamatan/pengukuran selanjutnya dilakukan selama 6 jam (09.00–13.00 dan 13.00–15.00 WIB). Waktu ini cukup lama untuk memberi pengaruh yang cukup besar terhadap suhu ruang dalam. Sehingga kondisi ruang dalam akan menjadi cukup panas. Untuk mendinginkan kembali dibutuhkan waktu minimal sama dengan waktu pemanasan yang terjadi pada dinding diikuti dengan membuka ruang secara lebar atau memberi tambahan alat pendingin suhu ruang.

5. Kesimpulan

Dinding serap yang diberi warna berbeda untuk selubung bangunan menimbulkan efek panas yang sama pada ruang dalam.

Penggunaan dinding serap warna pada penelitian ini menghasilkan suhu ruang dalam lebih besar/tinggi daripada suhu ruang luar.

6. Saran

Penggunaan dinding serap warna perlu dicobakan pada ruang dengan ventilasi yang baik pada pagi dan malam hari untuk menurunkan suhu ruang dalam.

Bangunan dengan menggunakan dinding serap warna perlu ditambahkan alat pendingin ruang.

Daftar Pustaka

- Allen, Edward, 1990, *Fundamental of Building Construction*, Material and Methods, John Wiley and Son, Toronto.
- Beedle, Lynn S, 1995, *Habitat and The High-Rise, Tradition and Inovation*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Bethelhem.
- Daniel, Klaus, 1997, *The Tecnology of Ecological Bilding*, Birkhauser Verlag, Berlin.
- Frick, Heinz., 1998, dalam F X Bambang, *Dasar-dasar Eko Arsitektur*, <http://puslit.petra.ac.id/journals/interior/166>
- Gut/Ackerknecht, *Climate Responsive Building*, St. Gall, 1993, halaman 55.
- Mangunwijaya, 1981, *Pasal – Pasal Penghantar Fisika Bangunan*, Gramedia, Jakarta.
- Nirwono Joga, 2009, *Eko Arsitektur adalah Konsep Bangunan yang Berwawasan Lingkungan Dalam Kehidupan Manusia*, kompas.com
- Prasasto Satwiko, 2004, *Fisika Bangunan 2*, ANDI Offset, Yogyakarta
- Roesnaeni, 1978, *Ergonomi Umum*, Pusat Hiperkes dan Kesehatan Kerja, Departemen Kesehatan, Jakarta.
- Scueller, Januar H, 1983, *High-Rise Building Structures*, Eresco, Bandung.
- Tri Harso, -----http://rumahsmg.rumahjogja.com/?pg=berita_properti&id=294