PENGARUH "*THERMAL PROPERTIES*" MATERIAL BATA MERAH DAN BATAKO SEBAGAI DINDING, TERHADAP EFISIEN ENERJI DALAM RUANG DI SURABAYA

V. Totok Noerwasito dan Mas Santosa
Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
e-mail: totoknoerwasito@yahoo.com

ABSTRAK

Surabaya adalah salah satu kota didaerah tropis, mempunyai temperatur yang relatif tinggi. Masalah utama temperatur dalam ruang di Surabaya adalah: temperatur didalam ruang pada malam hari lebih tinggi daripada temperatur luar. Pada penelitian ini, material dinding batako dan bata merah dicoba sebagai variabel utama. Kedua material dipilih untuk mendapatkan material yang mempunyai efisien enerji untuk mendapatkan temperatur yang rendah dalam ruangan. Metoda yang dilakukan pada penelitian ini adalah: pengukuran di lapangan dan perhitungan model simulasi dengan bantuan program komputer. Pengamatan lapangan mempergunakan *data logger* Hobo, sedangkan program Archipac 5.2 digunakan untuk model simulasi. Penelitian ini membandingkan antara temperatur dinding batako dan bata merah yang meliputi: Tinggi temperatur puncak, besar *overheted* dan durasi *overheated*, disamping *thermal properties* materialnya. Temuan yang diperoleh adalah: bahwa secara umum dinding bata merah lebih efisien energi daripada dinding batako.

Kata kunci: *thermal properties*, *overheated*, temperatur puncak.

ABSTRACT

Surabaya is one of the cities in tropical region; with the high temperature. The main problem of such case is the indoor nighttime temperature is higher than that of the outdoor. In this research, the wall material of brick and Batako are considered as the main variable, both materials are chosen in the finding materials, which have energy efficient to keep the low temperature mainly in nighttime. This research applies two methods of data recording; those are field measurement and model simulation. Recording of data logger Hobo is used to record the indoor temperatures in field, while the model simulation is conducted by "Archipac" program. This research compares the wall of brick and Batako temperature including the peak temperature, the overheated condition, overheated duration and the material thermal properties. The finding of this investigation shows that brick wall is more efficient energy than that of Batako wall.

Keywords: *the peak temperature; overheated; thermal properties.*

PENDAHULUAN

Surabaya terletak pada 7,2^{o} Lintang Selatan, dan merupakan daerah tropis lembab, dengan kelembaban yang tertinggi adalah 95% pada siang hari. Adanya temperatur yang relatif tinggi dan kelembaban yang tinggi, Surabaya sering dikatakan kota yang panas dan tidak nyaman baik pada siang hari atau malam hari.

Hal demikian berdampak pada ruang dalam bangunan di kota ini, ruang terasa panas, baik pada siang hari maupun pada malam hari. Kondisi tersebut diperparah lagi dengan adanya bangunan yang padat, dengan ruang luar terbuka yang sempit. Untuk menyelesaikan problem tersebut, banyak masyarakat mempergunakan kipas angin atau AC (*Air Conditioning*), baik siang maupun malam hari. Pemakaian peralatan elektrik tersebut membutuhkan enerji listrik yang tidak kecil, terutama enerji listrik untuk *Air Conditioning*.

Masalah utama kondisi ruang dalam bangunan di Surabaya adalah tingginya temperatur pada siang hari, dan temperatur tersebut masih relatif tinggi pada malam hari, meskipun pada saat itu, temperatur udara luar relatif rendah. Pada daerah lain, sebagai contoh di Sumenep dan Malang, temperatur ruang pada malam hari relatif dingin, mengikuti temperatur luar yang menurun pada malam hari.

Kondisi temperatur ruang yang relatif tinggi, baik siang maupun malam tersebut di Surabaya menjadi masalah. Ruang yang hanya dipergunakan siang hari saja, mengalami ketidak nyamanan, demikian juga dengan ruang yang hanya dipergunakan pada malam hari saja, juga akan mengalami hal yang sama. Sehingga ruang di Surabaya rata - rata tidak pernah mengalami kenyamanan temperatur baik siang ataupun malam hari.

Bata merah adalah material yang banyak dipergunakan di Surabaya, hampir semua bangunan hunian dibangun dengan mempergunakan material

tersebut. Disamping bata merah, material lain yang juga dipergunakan oleh sebagian masyarakat Surabaya sebagai dinding bangunan adalah batako. Sejauh mana pengaruh dari kedua material tersebut terhadap temperatur ruang dalam perlu diketahui. Apakah akibat pemakaian kedua material tersebut temperatur dalam ruang semakin panas?. Ataukah dengan adanya kedua material tersebut akan menyebabkan ruangan menjadi lebih dingin?. Masalah ini akan diteliti pada kegiatan ini.

Kedua material tersebut mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kondisi temperatur dalam ruang. Hal itu disebabkan karena keduanya mempunyai karakteristik material terhadap panas, yang berbeda antara semua jenis material yang satu dengan lainnya. Karakteristik panas material ini dikenal dengan sebutan "*Material Thermal Properties*". Penelitian yang dilakukan ini ingin mengetahui sejauh mana pengaruh panas dari material-material dinding, sebagai kasus adalah bata merah dan batako, terhadap temperatur dalam ruang. Dari penelitian ini pula dapat diketahui perbedaan temperatur dalam ruang, akibat pemakaian jenis material tersebut.

Metoda yang akan dipergunakan adalah: pengamatan lapangan dan perhitungan dengan mempergunakan simulasi dengan bantuan program komputer. Kedua cara pengukuran temperatur tersebut saling melengkapi untuk mendapatkan data yang dipergunakan untuk menganalisa.

Hasil penelitian berupa rekomendasi-rekomendasi pemakaian material, terutama material batako dan bata merah, sebagai dinding ruang di Surabaya. Hasil penelitian merupakan pertimbangan untuk mendisain ruang di Surabaya yang berhubungan dengan pemakaian material dinding, yang menghasilkan ruang yang efisien enerji.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Surabaya, dengan melakukan pengamatan lapangan dan perhitungan model simulasi. Pengamatan lapangan untuk mendapatkan data lapangan pada saat itu, sedangkan simulasi untuk memprediksi sejauh mana kondisi temperatur dalam ruang di Surabaya selama setahun.

Pengamatan lapangan dilakukan pada beberapa ruang bangunan yang bertingkat daerah perumahan, dan mempunyai dinding batako dan dinding bata merah. Pengamatan dilakukan dengan: mengukur temperatur luar dan dalam ruang; mengukur lebar, tinggi dan panjang ruang; orientasi ruang; *layout* ruang; dan luas jendela. Alat pengukur temperatur yang dipergunakan adalah *data Logger* Hobo, pengukuran dilakukan di dalam dan di luar ruang selama 1 minggu.

Perhitungan temperatur luar dan dalam dilakukan dengan model simulasi, mempergunakan *thermal properties* material bata merah dan batako sebagai variabel. Simulasi mempergunakan bantuan program komputer Archipac 5.2, dengan kondisi ruang yang dijadikan sebagai model simulasi, yakni bangunan dengan ukuran 2.8 x 2.8 x 3 m, mirip dengan kondisi ruang lapangan yang diamati.

Hasil pengukuran temperatur lapangan, berupa temperatur rata-rata luar dan dalam, yang dapat dianggap mewakili bulan pengamatan tersebut. Hasil pengamatan lapangan hanya menunjukan data selama 1 bulan saja. Pengukuran tersebut tidak dapat memprediksi temperatur selama setahun, dan dapat terjadi apabila dilakukan pengukuran temperatur selama setahun.

Untuk mempredikasi temperatur luar dan dalam ruang berdinding bata dan batako selama setahun, perlu dilakukan dengan simulasi. Program komputer Archipac akan menghitung temperatur/jam bulan selama setahun, baik untuk dinding batako ataupun dinding bata merah.

Hasil pengukuran lapangan pada bulan tertentu, menjadi masukan bagi perhitungan dengan simulasi. Dari kedua data tersebut akan dapat Dianalisa pengaruh material tersebut terhadap temperatur ruang, sehingga akan dapat disimpulkan, bahwa jenis material dinding yang mana dari kedua variabel material tersebut, yang mempunyai pengaruh panas lebih sedikit dari material lainnya. Analisa dari data-data tersebut banyak berupa grafik-grafik, yang memudahkan untuk membandingkan antara variabel satu dengan lainnya.

Hasil penelitian adalah rekomendasi untuk material yang dapat dipergunakan sebagai dinding, dan sesuai dengan kondisi iklim Surabaya. Hasil tersebut dianalisa berdasarkan kriteria-kriteria, yang dibuat untuk menyaring potensi dan masalah dari masing-masing variabel.

STUDI PUSTAKA

Menurut Rosenlund (2000), kemampuan material melawan panas yang mempengaruhi bangunan, disebut *thermal properties* adalah:

- *Density:* mempunyai satuan kg/m^3, merupakan perbandingan antara berat dan volume, *density* memegang peran yang besar untuk *thermal properties*, material mempunyai density ringan mempunyai daya isolasi lebih besar daripada material yang ber-*density* besar.
- *Conductivity*: mempunyai satuan W/mK, adalah kemampuan material untuk berkonduksi panas. Material yang mempunyai *conductivity* rendah mempunyai daya isolator yang baik, sebaliknya material yang mempunyai *conductivity* tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.

- *Specific heat*: mempunyai satuan Wh/kgK, adalah mengindikasikan material mempunyai kemampuan menyimpan sejumlah energy. *Specific heat* yang tinggi artinya material mempunyai kemampuan banyak menyimpan panas (*heat storage*).

Kombinasi dari ketiga *thermal properties* material diatas menghasilkan apa yang disebut *Time lag* adalah: waktu maksimum yang dipergunakan oleh dinding untuk mengeluarkan panas dari permukaan luar dinding ke bagian dalam dinding.

Karakteristik dari material yang lain adalah admittance, Milbank dan Harrington-Lynn (1974) menyatakan, *admittance* adalah *Thermal resistance* yang berkaitan dengan reaksi terhadap *heat flow* dari *cyclic condition*, mempunyai satuan seperti *U-Value*.

Menurut *Markus T.A,. Moris E.N (1980):* Semakin besar *admittance*, semakin rendah *swing* temperaturnya. Material yang padat mempunyai *admittance* lebih besar, sedangkan *heavy weight* structure mempunyai swing temperatur yang kecil. Material juga mempunyai *thermal capacity*, yakni Jumlah panas yang disimpan oleh material, kemudian melepaskannya.

Decrement factor menurut *Szokolay (1987),* adalah perbandingan antara deviasi output panas puncak dari *mean heat flow*, terhadap kondisi yang sama tetapi mempunyai *zero thermal mass*.

Berdasarkan penelitian Santosa (1986) *thermal comfort* di Surabaya adalah: 25,5^{o}C-28,7^{o}C, temperatur tersebut merupakan temperatur komfort rata-rata untuk sepanjang tahun.

Pendapat dari semua ahli diatas, menunjukan bahwa *thermal properties* dan karakteristik dari material berkaitan erat dengan: penyimpanan panas; isolasi terhadap panas; temperatur puncak; tinggi rendahnya temperatur dari material dinding bangunan; dan temperatur yang nyaman bagi masyarakat di Surabaya. Semua hal tersebut merupakan theori pendukung dari penelitian ini, sesuai dengan tujuan penelitian.

PENGAMATAN LAPANGAN

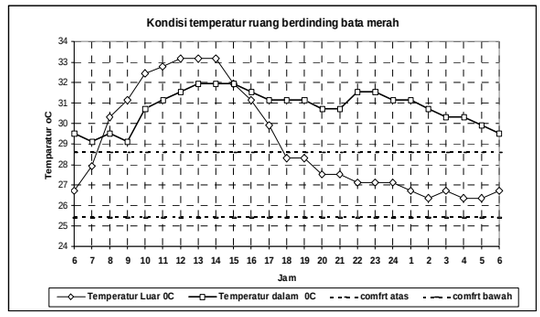
Pengamatan dilakukan daerah Surabaya, dipilih bangunan yang berdinding bata merah dan berdinding batako. Semua bangunan yang diamati relative baru, sehingga pengaruh dari karakterisrik material dinding tidak terlalu banyak berubah.

Dinding bata merah

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa bangunan berdinding bata merah, kondisi temperatur puncak dalam pada siang hari dibawah temperatur puncak luar. Besar temperatur luar tersebut adalah: 33.17^{o}C, yang terjadi pada jam 12.00, sedangkan temperatur dalam adalah 31.03 ^{o}C, terjadi pada jam 13.00. Pengukuran dilakukan pada bulan Mei.

Pada malam hari kondisi temperatur berbalik, temperatur dalam lebih tinggi dari temperatur luar. Sebagai contoh kasus adalah ruang tidur, pada jam 21.00, dimana pada saat itu ruang dipergunakan untuk istirahat, temperatur ruang dalam adalah: 30.71^{o}C, sedangkan temperatur luar adalah 27.52 ^{o}C. Tinggi temperatur dalam tersebut berada diatas temperatur nyaman, sehingga penghuninya merasa tidak nyaman berada dalam ruang. Kondisi tidak nyaman seperti itu berlangsung sampai jam 09.00 pagi, pada jam tersebut temperatur dalam mulai meningkat, sedangkan temperatur luar menunjukan peningkatan sejak jam 05.00 pagi.

Secara umum selama 24 jam ruang tidak pernah mengalami kenyamanan, karena temperatur dalam tidak pernah menyentuh temperatur nyaman atas.

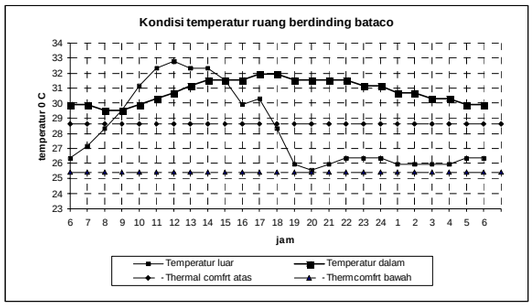


Gambar 1. Kurva temperatur ruang berdinding bata merah, bulan Mei di Surabaya, Hasil pengukuran dengan data logger Hobo

Dinding batako.

Demikian juga pengamatan yang dilakukan pada bangunan berdinding batako, pada bukan Mei, lihat gamb 2. Kondisi temperatur ruang dalam pada saat itu tidak pernah mencapai temperatur nyaman, dibandingkan dengan bangunan berdinding bata merah, temperatur dalam ruang pada malam hari relative lebih tinggi. Yang berbeda dengan dinding bata merah selain tinggi temperatur dalam, adalah; jam temperatur puncak ruang dalam, yakni pada jam 17.00 petang, kondisi ini tidak nyaman karena temperatur luar relatif rendah, tetapi temperatur dalam sangat panas.

Fenomena temperatur diatas menunjukan bahwa pada kondisi ruang pada bulan pengamatan tersebut di Surabaya, tidak pernah mengalami kenyamanan, meskipun pada malam hari, dimana pada jam-jam tersebut ruang dipergunakan untuk beristirahat. Material bata merah dan batako menyimpan panas pada siang hari dan melepaskan panas tersebut pada malam hari.



Gambar 2. Kurva temperatur ruang berdinding batako bulan Mei di Surabaya. Hasil pengukuran dengan data logger Hobo

SIMULASI MODEL

Disamping pengukuran lapangan pada bulan tertentu, perlu juga diketahui kondisi temperatur tiap bulan selama setahun dalam ruang di Surabaya. Untuk itu diperlukan prediksi temperatur dalam dan luar ruang selama setahun, guna menunjang kegiatan tersebut diperlukan model bangunan dan bantuan simulasi program komputer.

Bangunan yang dijadikan model adalah bangunan yang mempunyai dinding menghadap kesegala arah, dengan ukuran 2.8 x 2.8 x 3 m, berdinding bata merah dan terletak dilahan yang terbuka. Kegiatan simulasi kondisi temperatur dilakukan dengan mempergunakan program komputer Archipac 5.2.

Kondisi iklim Surabaya selama setahun perbulan, dapat diketahui dengan cara memberikan data iklim Surabaya selama 5 tahun terakhir. Berdasarkan data iklim luar tersebut, kondisi temperatur dalam model tersebut, selama setahun perbulan dapat diketahui.

Data tersebut menunjukan bahwa temperatur puncak luar tertinggi terjadi pada bulan Oktober jam 14.00 siang, sebesar 34.7^{o}C. Temperatur puncak luar terendah pada bulan Juli sebesar 32.3^{o}C.

Gambaran temperatur dalam ruang selama setahun untuk bata merah dan batako dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

Thermal Properties Material

Merupakan karakteristik material yang berperan dalam penentuan temperatur dalam ruangan, Dinding yang dipergunakan adalah dinding bata merah dengan tebal 10 cm yang diplester 2.5 cm dan dinding batako 10 cm yang diplester 2.5 cm pada bagian luar dan dalam. Ukuran thermal properties bata merah dan batako pada tabel 1.

Tabel 1. Thermal properties dinding bata merah dan batako

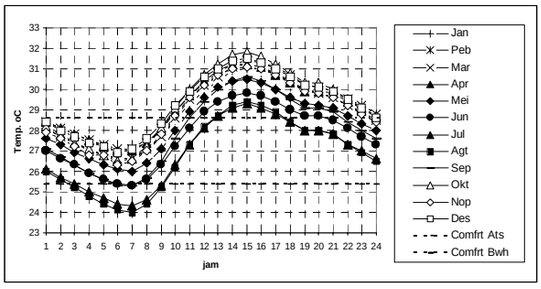
Jenis Dinding	Thermal Properties			
	U-Value	Admittance	decrement	timelag
Batako	2.55	2.81	0.9	2.2
Bata merah	1.52	2.81	0.6	4.8

Sumber: Szokolay (1987)

Dinding Bata Merah

Pada Gambar 3 menunjukan bahwa temperatur dalam ruang berdinding bata merah selama setahun berubah-ubah, dan tinggi temperatur puncaknya tergantung pada tinggi temperatur puncak luarnya. Secara umum temperatur dalam tertinggi adalah pada bulan Oktober sebesar 31.8 ^{o}C dan temperatur puncak terendah pada bulan Juli sebesar 29.3 ^{o}C. Masing-masing jam temperatur puncak tersebut adalah pada jam 15.00 sore. Hal ini menunjukan bahwa ketika temperatur luar mencapai temperatur tertinggi, temperatur dalam tidak mengikuti temperatur puncak tersebut, tetapi pada sore ketika temperatur luar menurun temperatur dalam malah meningkat hingga pagi hari. Perbedaan ini disebut Time lag yang merupakan karakteristik panas dari material bata merah, lihat tabel 1.

Temperatur dalam pada bulan Oktober hanya mempunyai overheated, yakni temperatur diatas ambang atas temperatur komfort, tetapi tidak mempunyai *underheated*, yakni temperatur dibawah temperatur komfort ambang bawah. Berbeda dengan temperatur pada bulan Juli yang mempunyai temperatur *overheated* dan *underheated*.



Gambar 3. Kurva ruang berdinding bata merah selama setahun perbulan di Surabaya. Hasil simulasi program Archipac

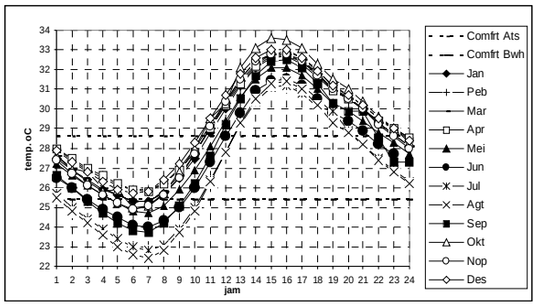
Dinding Batako

Temperatur dalam ruang selama setahun dinding batako, ditunjukan oleh gambar 4 bahwa temperatur puncak tertinggi pada bulan Oktober dan temperatur puncak terendah bulan Juli, masing-masing sebesar 33.6^{o}C dan 31.2^{o}C.

Temperatur puncak dalam ruang terjadi pada jam 15.00 sore, terdapat selisih waktu 1 jam terhadap temperatur puncak luar ruang.

Kondisi *overheated* hanya dicapai oleh temperatur semua bulan, sedangkan kondisi underheated dicapai oleh semua bulan kecuali: bulan Pebruari, April dan Desember. Overheated terendah dialami pada bulan Juli, sedangkan terbanyak pada bulan Oktober.

Kondisi comfort dalam ruang dicapai pada jam 20.30 pada bulan Juli, sedangkan pada bulan-bulan lainnya, kondisi nyaman dicapai di atas jam tersebut.

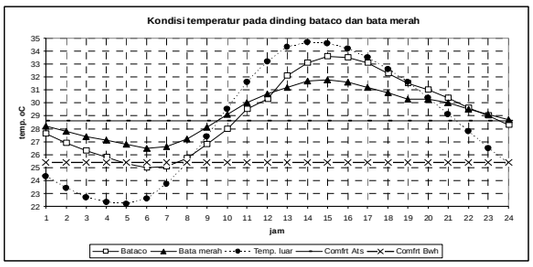


Gambar 4. Kurva ruang berdinding batako selama setahun perbulan di Surabaya. Hasil simulasi program Archipac.

Kondisi Temperatur dalam Dinding Bata Merah Dan Batako

Temperatur tertinggi dalam ruang pada kedua dinding tersebut adalah pada bulan oktober, sehingga untuk menganalisa temperatur pada kedua material tersebut, dipilih Kondisi temperatur pada bulan tersebut. Pada gambar 5 ditampilkan kondisi temperatur ruang dalam kedua jenis material tersebut.

Dinding bata merah mengalami *overheated* lebih dahulu daripada dinding batako, hal ini menunjukkan bahwa; dinding bata merah lebih cepat melepas panas daripada batako. Dinding bata merah hanya mencapai temperatur minimal sebesar 26.5 ^{o}C, sedangkan batako dapat mencapai hingga 25 ^{o}C. Dalam hal ini batako lebih baik daripada bata merah.



Gambar 5. Kurva temperatur ruang berdinding batako bulan oktober di Surabaya, merupakan hasil simulasi program Archipac.

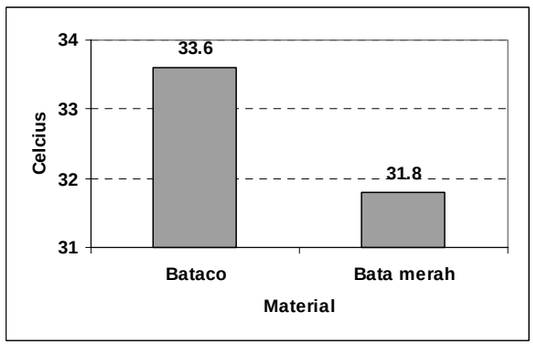
Temperatur Puncak

Pada gambar 5 tampak temperatur batako dan bata merah pada bulan oktober, yang merupakan temperatur tertinggi dalam setahunnya.

Temperatur puncak batako lebih tinggi dari temperatur puncak bata merah, tetapi keduanya lebih rendah dari temperatur puncak luar ruang, perbedaan keduanya cukup besar yakni; 1.8^{o}C, lihat gambar 6. Kedua temperatur puncak tersebut terjadi pada waktu yang bersamaan yakni jam 15.00 sore.

Perbedaan kedua temperatur puncak tersebut terjadi karena: batako mempunyai *decrement factor* lebih tinggi daripada bata merah, lihat tabel 1. Disamping itu *U-Value* batako lebih tinggi daripada bata merah, yang berarti kemampuan isolasi panas bata merah lebih tinggi daripada batako.

Dari kedua temperatur puncak tersebut, dapat diketahui bahwa temperatur ruang pada siang hari, yang mempergunakan dinding batako, lebih panas daripada ruang yang berdinding bata merah.



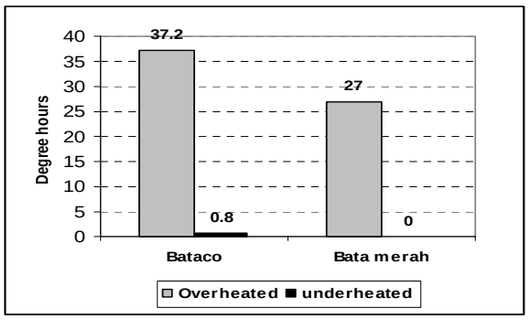
Gambar 6. Diagram temperatur Puncak ruang berdinding batako dan bata merah oktober di Surabaya.

Overheated dan *Underheated*

Kondisi *overheated* dan *underheated* dari ruangan yang berdinding batako dan bata merah dapat dilihat pada gambar 7. Gambar tersebut menunjukan dinding batako cenderung mempunyai *overheated* lebih tinggi daripada dinding bata, perbandingan tersebut hingga mencapai 10.2 degree hours.

Tingginya *Overheated* batako karena *decrement factor* yang relatif tinggi daripada bata merah. Disamping itu adanya *admittance* kedua dinding tersebut yang relatif sama, sehingga tidak dapat mempengaruhi turunnya *overheated*.

Hal ini menunjukan bahwa kondisi panas ruang berdinding batako pada setiap tahunnya, lebih tinggi daripada dinding bata merah. Hal tersebut menyebabkan tingginya enerji yang diperlukan untuk menurunkan panas tersebut.

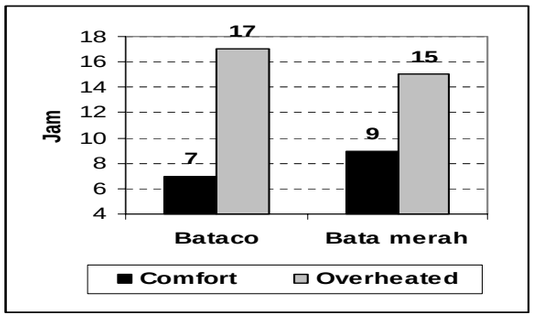


Gambar 7. Diagram *Overheated dan underheated* ruang berdinding batako dan bata merah bulan Oktober di Surabaya

Durasi *Comfort* dan *Overheated*

Durasi dari *comfort* merupakan waktu *comfort* yang berlangsung dalam ruangan setiap harinya, dalam hal ini kondisi tersebut di analisa dari durasi tersebut pada bulan Oktober, karena dianggap bulan terpanas. Demikian juga dengan durasi *overheated*, merupakan waktu berlangsungnya panas dalam ruangan. Lihat gambar 8.

Durasi *comfort* yang terlama adalah pada ruang berdinding bata merah, sedangkan durasi *overheated* yang terlama adalah pada dinding batako.



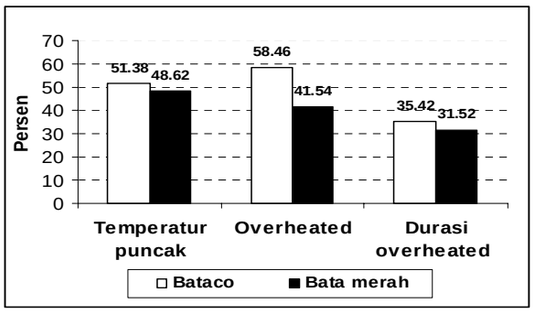
Gambar 8. Diagram durasi *Comfort* dan *Overheated* ruang berdinding batako dan bata merah bulan Oktober di Surabaya

Perbandingan Panas dalam Ruang

Berdasarkan pengamatan lapangan pada bulan Mei di Surabaya terhadap beberapa ruang di Surabaya, menunjukan bahwa: orientasi dinding ruang terhadap sinar matahari, tidak banyak berpengaruh terhadap perbedaan ketinggian temperatur puncak pada beberapa ruang.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penilaian adalah: Temperatur puncak, o*verheated* dan Durasi *overheated*. Dari faktor-faktor tersebut dipilih yang paling rendah adalah yang terbaik. Sebagai skala prioritas yang pertama adalah: *overheated*, karena bila kondisi ini tinggi, kondisi ruang akan mengalami ketidak nyamanan. Temperatur puncak yang tinggi merupakan kondisi yang hanya terjadi sesaat, sehingga tidak terlalu berarti pengaruhnya terhadap panas dalam ruangan, oleh karena itu temperatur puncak merupakan skala prioritas yang terakhir. Durasi *overheated* sangat berkaitan dengan durasi comfort, sebab apabila durasi comfort tinggi, berarti ruangan akan mengalami kenyamanan dalam waktu yang pendek.

Penilaian tersebut dihitung dalam satuan persen (lihat gambar 9), sebab sebagai alat untuk membandingkan yang satu dengan lainnya. Pada setiap faktor, batako menduduki prosentase yang tertinggi, dan bata merah menduduki prosentase yang terendah.



Gambar 9. Diagram perbandingan panas berdasarkan keriteria dinding batako dan bata merah bulan Oktober di Surabaya

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan simulasi, dinding bata merah lebih berpengaruh terhadap rendahnya temperatur dibandingkan dengan dengan dinding batako.
- Karena tinggi temperatur luar ruang berpengaruh terhadap temperatur di dalam, bulan Oktober merupakan bulan yang tertinggi temperaturnya, sehingga kondisi temperatur ruang pada bulan tersebut, merupakan temperatur yang tertinggi.
- Ruang berdinding bata merah dan batako, pada bulan yang mempunyai temperatur relatif tinggi, tidak pernah mencapai kenyamanan (*thermal comfort*).
- Selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya temperatur luar, temperatur dalam juga dipengaruhi oleh *thermal properties* material. Hal ini menujukan bahwa thermal properties bata merah lebih sesuai untuk iklim Surabaya, daripada *thermal properties* batako.

DAFTAR PUSTAKA

Bo Adamson and Olle Aberg, Design for Climatization Houses in Warm Humid Areas, *Building issues* No.1 vol 5 1993, LCHS Lund University. Lund Sweden. 1993.

Fuller Moore, *Environmental Control System, heating cooling lighting*. McGraw-Hill, Inc, New York. 1993.

Hans Roselund, Climatic Design of Building using Passive Technique. *Building issues* No.1 vol 10 2000. LCHS Lund University. Lund Sweden. 2000.

Markus T.A,. Moris E.N., *Buildings, Climate and Energy*. Pitman Publishing limited. London. 1980.

Mas Santosa, *Climate Factors and Their Influence on Design of Building in Hot Humid Country with Special Reference to Indonesia*. Thesis PhD. University of Qeensland. 1986.

Szokolay S.V., *Thermal Design of Buildings*. RAIA Education Division. Canberra. 1987.

Totok Noerwasito, *Influence Of Usage Wall Material To Energy Efficient Into Room In Big City Of Indonesia*, Proceding International seminar: The 6th International Seminar on Sustainable Environment and Architecture, 19-20 September 2005, Departemen Arsitektur ITB, Bandung. 2005. p. 75–80.