

LAPORAN PENELITIAN

**EFEKTIVAS *STYROFOAM* SEBAGAI ISOLATOR PANAS
PADA ATAP MIRING DI SURABAYA**

Oleh:

Ir. Danny Santoso Mintorogo, M.Arch

Ir. Wanda K. Widigdo, M.Si

Anik Juniwati, S.T., M.T.

JURUSAN ARSITEKTUR



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS KRISTEN PETRA
SURABAYA**

Halaman Pengesahan

- 1 a. Judul Penelitian : **Efektivitas Styrofoam sebagai Isolator Panas pada Atap Miring di Surabaya**
- b. Nomor Penilitan : 0 /Pen-Arsitektur/2013
- c. Bidang Ilmu : Sains Arsitektur

- 2 Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Ir. Danny Santoso Mintorogo, M. Arch
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. Pangkat/Golongan/NIP : IV E/90002
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala (550)
- e. Fakultas/Jurusan/Kelompok Kajian : FTSP/Arsitektur/Kelompok Kajian Arsitektur Tropis
- f. Universitas : Universitas Kristen Petra

- 3 Anggota Peneliti 1:
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Ir. Wanda K. Widigdo, MSi.
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Pangkat/Golongan/NIP : IV C/82008
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala (400)
- e. Fakultas/Jurusan/Kelompok Kajian : FTSP/Arsitektur/ Kelompok Kajian Arsitektur Tropis
- f. Universitas : Universitas Kristen Petra

- 4 Anggota Peneliti 2:
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Anik Juniwati, ST., MT.
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Pangkat/Golongan/NIP : III C/97005
- d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- e. Fakultas/Jurusan/Kelompok Kajian : FTSP/Arsitektur/ Kelompok Kajian Arsitektur Tropis
- f. Universitas : Universitas Kristen Petra

- 5 Lokasi Penelitian : Universitas Kristen Petra

- 6 Jangka Waktu Penelitian : September 2012-Agustus 2013

- 7 Biaya
- a. Sumber dari UK Petra : Rp. 4.952.980
- b. Sumber lainnya : -
- Total : Rp. 4.952.980

Surabaya, 01 Desember 2013

Ketua Peneliti,



Ir. Danny Santoso Mintorogo, M. Arch

NIP: 90002



**EFEKTIVAS *STYROFOAM* SEBAGAI ISOLATOR PANAS
PADA ATAP MIRING DI SURABAYA**

Abstrak

Cuaca di belahan bumi tropis akan berlainan di belahan bumi sub tropis dan dingin. Ciri-ciri yang dominan adalah suhu udara luar yang panas dan lembab akibat dari terpaan sinar matahari yang mengandung radiasi tinggi di sekitar garis ekuator. Rumah-rumah dan bangunan komersial lebih banyak mempunyai bentuk atap perisai atau pelana dimana bentuk atap perisai atau pelana akan mempunyai ruang atap (attic room) lebih banyak untuk berfungsi sebagai peredam panas dari pada ruang atap dengan bentuk atap datar (plat datar). Untuk lebih mendapatkan efek peredam panas lebih banyak di ruangan atap maka bahan styrofoam 2 cm dipakai sebagai bahan penahan (isolator) panas diletakkan tepat dibawah lapisan bahan atap (genteng karang pilang). Penelitian ini akan menggunakan 2 model yang semuanya menggunakan atap genteng karangpilang : model pertama menggunakan atap biasa yang tanpa styrofoam berfungsi sebagai model referensi, kemudian model kedua menggunakan styrofoam di ruang atap. Semua percobaan di lakukan secara pengukuran setempat di atap plat beton datar di Universitas Kristen Petra dengan alat pengukur temperatur merk HOBO dari perusahaan Onset di USA. Setelah melakukan pengukuran selama 4 bulan (April – Juli 2013), hasil pengukuran ke empat bulan dengan kondisi termal sama, menunjukkan bahwa temperatur permukaan genteng karangpilang pada suhu puncak dapat mencapai 39°C dan suhu ruang atap (attic room) tanpa lapisan styrofoam lebih rendah 6°C dari temperatur genteng yaitu: 33°C. Sedangkan temperatur ruang atap (attic room) berlapis styrofoam lebih tinggi 1.5°C dari temperatur ruang atap tanpa lapisan styrofoam. Data suhu/temperatur setiap bulan menunjukkan bahwa model referensi dengan atap genteng karangpilang tanpa lapisan styrofoam dimana temperatur ruang atap lebih rendah dan lebih cepat mendingin dari ruang atap berlapis styrofoam. Penempatan styrofoam (semua lapisan bawah genteng di ruang atap) ternyata tidak efektif untuk mengurangi suhu ruang atap, justru mempertahankan suhu tinggi.

Kata Kunci : Styrofoam, isolator panas, atap miring.

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	1
Abstrak.....	3
DAFTAR ISI.....	4
DAFTAR GAMBAR.....	6
DAFTAR TABEL.....	7
1. PENDAHULUAN	8
1.1. Latar Belakang	8
1.2. Perumusan Masalah	10
1.3. Tujuan	11
1.4. Sasaran	12
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. Masalah termal bangunan di iklim tropis lembab.....	13
2.2. Sistem termal bangunan	13
2.3. Properties Material.....	15
2.4. Peran atap pada bangunan rendah.....	15
2.5. Styrofoam sebagai insulasi termal	16
2.5.1. Pengertian dan fungsi Styrofoam	16
2.5.2. Penggunaan Styrofoam Panel dalam bangunan.....	16
2.5.3. Styrofoam/EPS sandwich panel.....	17
3. METODOLOGI.....	19
3.1. Disain Dan Metode Penelitian	19
3.2. Pustaka	19
3.3. Model	19
3.4. Pengukuran	21
3.4.1. Alat Ukur	21
3.4.2. Waktu Pengukuran	21
3.5. Analisis & Pembahasan	21
3.6. Rekomendasi.....	21

4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Sistim termal pada attic.....	23
4.2. Hasil Pengukuran	24
5. KESIMPULAN DAN SARAN	28
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Ilustrasi dampak intensitas radiasi matahari yang jatuh pada permukaan atap miring dengan dan tanpa material isolasi panas	11
Gambar 3.1 Skema Penelitian	19
Gambar 3.2: ilustrasi pemasangan Styrofoam pada model.....	20
Gambar 3.3 Potongan model dengan Styrofoam	20
Gambar 3.4 perspective typical model.....	21
Gambar 3.5 HOBO U12 dengan kabel sensor	22
Gambar 4.1 Sistem termal pada <i>attic</i>	23
Gambar 4.2 Temperatur <i>Attic Room</i> dengan & tanpa Styrofoam April 2013.....	25
Gambar 4.3 Temperatur <i>Attic Room</i> dengan & tanpa Styrofoam Mei 2013.....	25
Gambar 4.4 Temperatur <i>Attic Room</i> dengan & tanpa Styrofoam Juni 2013.....	26
Gambar 4.5 Temperatur <i>Attic Room</i> dengan & tanpa Styrofoam Juli 2013.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Temperatur Rata-rata <i>Daytime</i> & <i>Nighttime</i> April-Juli 2013.....	27
---	----

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Di iklim tropis lembab, selubung bangunan merupakan elemen bangunan yang harus mampu melindungi penghuni dari panas matahari, dan juga mengurangi panas radiasi yang diteruskan kedalam bangunan. Selubung bangunan memberi kontribusi pada penggunaan energi pendinginan ruangan, ventilasi dan penerangan dari ruang-ruang dalam bangunan. Oleh karena itu salah satu fungsi selubung bangunan adalah untuk mengendalikan atau mengurangi beban panas dari radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan (transmisi). Masuknya radiasi matahari kedalam bangunan bisa melalui selubung vertikal yaitu dinding atau selubun horizontal atau miring yaitu atap. Pada iklim tropis sudut datang radiasi matahari hampir selalu tegak lurus terhadap atap bangunan pada saat siang hari, sehingga atap bangunan akan menerima radiasi matahari langsung sepanjang hari. Radiasi akan meningkatkan temperatur penutup atap. Kemudian panas itu diteruskan ke ruang di bawahnya. Panas radiasi yang masuk ke dalam ruang yang dihuni tersebut disebut sebagai beban panas radiasi. Atap bangunan dapat menyumbang sekitar 36.7% dari total radiasi matahari yang jatuh pada bangunan satu lantai dengan dinding yang berorientasi ke sinar matahari. (Nahar et al.2003).

Bentuk atap pada suatu bangunan pada daerah tropis lembab dipengaruhi oleh termal panas dari solar radiasi yang perlu dihindari mulai jam 8 sampai jam 4 sore hari serta tingkat curah hujan yang tinggi, maka bentuk atap perisai dan pelana sangat dominan dipakai pada bangunan tinggi dan perumahan. Atap perisai dan pelana terbentuk dari lembaran-lembaran atap yang bersudut, mempunyai sudut kemiringan atap mulai 10° dari bahan seng sampai 60° dari bahan genteng, tegola, dan lainnya. Pada umumnya atap bangunan terutama perumahan bersudut 30° - 45° . Intensitas radiasi matahari rata-rata di Surabaya pada bidang datar berkisar 800 - 900 Wh.m^{-2} sedangkan intensitas pada bidang vertikal akan berkurang separoh dari intensitas horizontal yaitu berkisar 300 - 400 Wh.m^{-2} dan intensitas radiasi pada bidang miring dengan sudut 45° berkisar dari setengah dari intensitas bidang vertikal, yaitu sekitar 150 - 200 Wh.m^{-2} (Mintorogo, 2010). Maka dapat disimpulkan bahwa radiasi panas dari atap akan jauh lebih besar dari pada radiasi panas dari *facade* (dinding) dalam per meter persegi.

Untuk meredam panas radiasi dari atap seringkali dibuat rongga atap dengan ventilasi untuk mengurangi transmisi panas radiasi kedalam ruangan. Pendinginan ruang dengan cara ini tergolong sistim *passive cooling* yang sangat mengandalkan pergerakan udara sebagai medium pembawa panas pada pagi hingga sore hari untuk mengurangi termal ruangan. (Cook, 1985; Giovani, (1994). Rongga atap seringkali merupakan ruang kosong diatas langit-langit dengan volume yang cukup besar. Sehingga banyak upaya yang dilakukan untuk mengurangi volume rongga atap dengan menambahkan berbagai isolator panas pada bidang atap.

Pertimbangan-pertimbangan memberikan isolator panas pada atap miring, adalah :

Pertama, umumnya bangunan menggunakan atap pelana atau perisai dengan kemiringan antara 30° sampai 45° , dimana konsentrasi radiasi matahari pada bidang kemiringan tersebut cukup besar, yaitu sekitar $150-200 \text{ Wh.m}^{-2}$ (Mintorogo, 2010). Panas yang berasal dari radiasi matahari yang jatuh pada atap akan mempengaruhi temperatur ruang.

Kedua, rongga atap untuk mengurangi pendinginan pada atap miring, seringkali mempunyai volume ruang yang cukup besar, sehingga kurang efisien dan membutuhkan biaya cukup besar untuk mengadakannya.

Ketiga, karena hembusan angin pada lubang angin rongga atap miring seringkali kecepatannya terlalu rendah, sehingga efek pendinginan *thermal* akibat hembusan angin baik siang maupun malam hari akan kurang berfungsi maksimal.

Diharapkan adanya isolator panas dari atap akan membantu pendinginan rongga atap dan ruangan dibawahnya, sehingga kemiringan atap tidak harus dengan sudut yang besar dan volume rongga atap dapat lebih kecil. Saat ini material isolator panas pada atap miring biasanya digunakan aluminium foil, glasswool, styrofoam atau lainnya. Disamping itu dibutuhkan isolator panas yang cukup ekonomis tetapi efektif untuk mereduksi transmisi panas dari atap bangunan masuk kedalam ruangan, terutama bagi perumahan.

Dari beberapa isolator panas untuk atap bangunan yang cukup ekonomis dan mudah didapat, dari beberapa literatur ditemukan Styrofoam, yang banyak diperjual belikan dalam bentuk lembaran (panel) dan ringan. Berbagai keuntungan pemakaian Styrofoam

(<http://khedanta.wordpress.com/2011/04/20/pemakaian-styrofoam-panel-untuk-bangunan-rumah/>), adalah :

1. Sebagaimana konstruksinya, bersifat isolator, sehingga dapat mengurangi biaya untuk pemanasan ataupun untuk mendinginkan suhu ruangan.
2. Dari segi pemasangan, instalasi panel ini sangat mudah sehingga tidak perlu menyediakan biaya pemasangan yang cukup besar.
3. Masing masing lembaran mempunyai ketebalan 2-15 cm, dan ringan
4. Lembaran panel ini dapat menahan kekuatan angin sampai 140 m/jam.
5. Penggunaan panel ini diharapkan dapat mengurangi pemakaian kayu sebagai dinding bangunan sehingga akan membantu konsep bangunan ramah lingkungan.
6. Panel yang ditujukan untuk atap, panel dilapisi dengan stainless steel yang tahan terhadap korosi selama 20 tahun. Sehingga akan mengurangi pengantian material yang lebih cepat.
7. Mudah dipotong dan dibentuk sebab mempunyai komposisi yang unik.

Comment [A1]: Cek kata-2 -> arti??

Comment [A2]: Dinding?

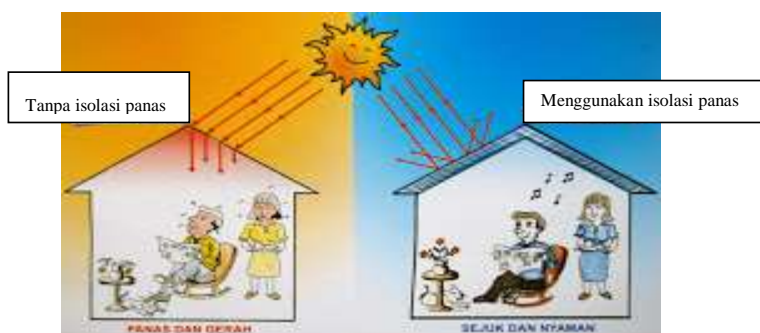
Comment [A3]: Model tdk pakai stainless

Oleh karena itu Styrofoam banyak dipakai sebagai isolator panas pada atap miring karena relative mudah didapat dengan harga lebih murah dibanding material isolator lainnya meskipun bahan ini rentan terhadap kebakaran. Penelitian ini akan mencoba melihat efektifitas penggunaan Styrofoam sebagai isolator panas pada atap miring di Surabaya.

1.2. Perumusan Masalah

Atap bangunan pada daerah tropis lembab terpapar radiasi matahari mulai sekitar jam 8 sampai jam 4 sore hari. Dengan tingkat curah hujan yang tinggi, maka bentuk atap perisai dan pelana sangat dominan dipakai pada bangunan terutama perumahan. Atap perisai dan pelana umumnya menggunakan genteng sebagai penutup atap dengan sudut kemiringan atap 30°-45°. Intensitas radiasi matahari rata-rata di Surabaya pada bidang miring dengan sudut 45° berkisar 150-200 Wh.m⁻² (Mintorogo, 2010), panas radiasi matahari tersebut akan diteruskan ke ruang dibawahnya. Oleh karena itu ruang dibawah atap akan mendapat beban panas (*heat gain*) dari panas radiasi yang cukup besar. baik yang tanpa langit-langit atau dengan langit-langit yang menempel pada bidang atap, panas radiasi yang masuk langsung menjadi dalam ruang, yang akan mempengaruhi temperatur udara dalam ruangan (*indoor air temperature*). Sehingga bila intensitas radiasi matahari yang jatuh pada bidang atap miring

cukup tinggi, maka bisa dipastikan bahwa panas yang di transmisikan keruang dibawahnya juga cukup besar, dan berdampak pada beban panas dalam bangunan (*heat gain*) Jika beban panas dalam bangunan (*heat gain*) meningkat, maka beban pendinginan ruang juga akan meningkat, yang berakibat pada peningkatan penggunaan energi



Gambar 0.1: Ilustrasi dampak intensitas radiasi matahari yang jatuh pada permukaan atap miring dengan dan tanpa material isolasi panas



Gambar 1.2: Perlunya isolasi panas dibawah bidang atap untuk ruangan dengan langit-langit datar maupun miring

1.3.Tujuan

Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui penurunan temperatur ruang di bawah atap yang dilapisi dengan Styrofoam dengan berbagai ketebalan, serta mengembangkan aplikasi styrofoam sebagai material insulasi pada atap.

Comment [A4]: hanya satu jenis

Comment [A5]: styroam yang porous???

1.4.Sasaran

Atap miring dengan style perisai atau pelana yang ruang atap tidak berventilasi. Dengan harapan dapat mengurangi suhu atau temperatur tinggi di ruang atap (attic room). Karena kenyataan, hampir semua konstruksi atap perisai/pelana jarang menempatkan isolator panas di bawah lapisan atap (genteng, tegola, dan beton).

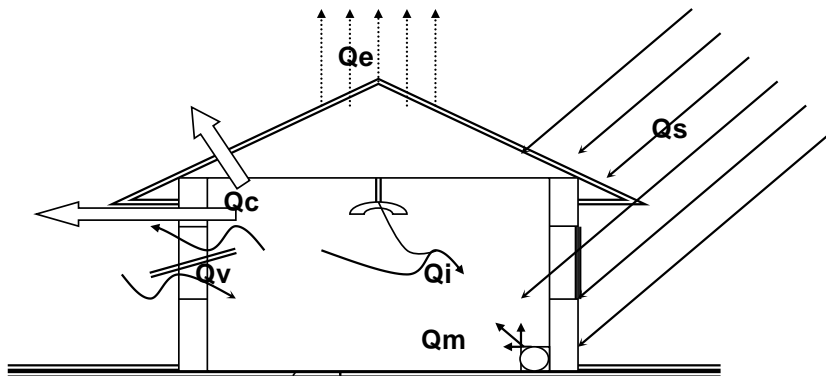
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Masalah termal bangunan di iklim tropis lembab

Permasalahan thermal di iklim tropis lembab disebabkan oleh adanya temperatur tinggi disertai kelembaban yang tinggi pula, matahari yang senantiasa berada hampir selalu di atas dengan intensitas tinggi terjadi disepanjang tahun. Sementara angin bertiup dengan kecepatan yang rendah dan perbedaan temperatur siang dan malam yang kecil tidak dapat dimanfaatkan sebagai pendinginan pasif. Permasalahan thermal bangunan adalah menghambat panas masuk dalam bangunan.

2.2. Sistem termal bangunan

Gambaran yang sederhana tentang sistem termal bangunan berikut dapat dipakai untuk memahami pertukaran panas yang terjadi pada bangunan. Bangunan sebagai kontrol termal mengalami pertukaran panas akibat beban-beban panas yang bekerja dan dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 3.1. berikut:



Gambar 0.1: Sistem Termal Bangunan
(Sumber: Szokolay [1987: 21])

- Q_i : beban panas internal yaitu panas yang diterima dari penghuni, penerangan dan peralatan. Besar Q_i tergantung pada banyaknya manusia dan aktifitasnya, lampu dan atau peralatan dikalikan panas yang dikeluarkan oleh masing-masing.

- Q_s : beban panas solar yaitu panas radiasi yang diterima melalui elemen transparan, sedang panas radiasi melalui elemen opaque dihitung secara konduksi dengan konsep suhu sol-air.
- Q_c : beban panas konduksi yaitu panas yang diterima atau dilepas selubung bangunan dari dan ke lingkungan secara konduksi akibat perbedaan temperatur antara luar dan dalam bangunan. Besar Q_c tergantung pada besar perbedaan temperatur, luas bidang dan nilai transfer panas (nilai U) dari materialnya.
- Q_v : beban panas ventilasi yaitu panas yang diterima atau dilepas sebagai pergantian udara secara konveksi sebagai akibat perbedaan temperatur antara luar dan dalam bangunan
- Q_e : beban panas evaporatif yaitu panas yang dilepaskan dalam bentuk panas laten akibat proses evaporatif pada air di atap (misal: roof pond) atau dinding (misal: spray). Catatan: beban ini hanya terjadi/diperhitungkan bila memang ada mempunyai sistem pendinginan evaporatif.
- Q_m : beban panas mekanik dari peralatan pemanas atau pendingin ruang sebagai kontrol mekanikal.

2.3. Property material.

Properti dasar dari material bangunan meliputi:

1. Kepadatan (*density*: ρ): massa per unit volume [kg/m^3 , lb/ft^3]
2. Konduktiviti (k): laju aliran panas melalui unit luas permukaan elemen bangunan dengan suatu unit ketebalan per unit perbedaan temperatur [W/m K , btu/h.ft.F , $\text{btu.in/ft}^2.\text{F}$].
3. Panas spesifik (*specific heat*: c): energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur satu derajat K oleh satu unit massa [Wh/kg.K , btu/lb.F]

Sementara itu permukaan elemen juga menentukan laju aliran panas yang berupa properti permukaan elemen. *Surface conductance* yaitu koefisien pertukaran panas antara permukaan dinding (atau atap) dengan udara di luar atau di dalam bangunan. [$\text{W/m}^2.\text{K}$, $\text{Btu/h.ft}^2.\text{F}$] atau *surface resistance* yaitu kebalikan dari *conductance*.

Properti elemen bangunan menyatakan kontrol aliran panas dan menentukan pengaruh termal terhadap kinerja termal bangunan. Properti elemen bangunan merupakan fungsi dari properti material, ketebalan material penyusunnya dan properti permukaan elemen yaitu:

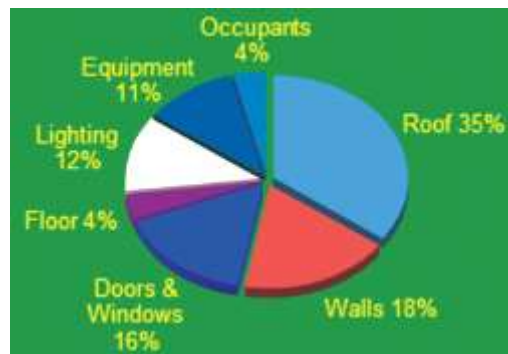
1. Resistansi termal (thermal resistance:R): ketahanan panas elemen adalah jumlah dari resistansi masing-masing lapisan material pembentuknya ditambah dengan resistansi permukaan. Resistansi suatu material yaitu kemampuan material untuk menahan laju panas didapat dari unit ketebalannya dibagi dengan konduktivitasnya (laju kemampuan meneruskan panas). $[m^2.K/W, h.ft^2.F/Btu]$
2. Kebalikan nilai Resistansi adalah nilai U (thermal transmission): kemampuan elemen meneruskan panas melalui satu unit luasan elemen dalam unit waktu per unit perbedaan temperatur ruang dalam dan ruang luar. $[W/m^2.K, Btu/h.ft^2.F]$
3. Kapasitas panas (heat capacity: Q) energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu derajat pada satu unit luasan elemen. $[Wh/m^2.K, Btu/ft^2.E]$
4. Time lag or time delay adalah perbedaan waktu antara naiknya atau turunnya temperatur pada permukaan luar dan konsekuensinya perubahan temperatur pada permukaan dalam, bilamana elemen bangunan adalah subyek atas fluktuasi temperatur harian.
5. Admittance kemampuan permukaan elemen bangunan untuk menyerap atau melepas panas ke atau dari udara pada laju yang ada ketika temperatur udara sekitar permukaan naik atau turun.
6. Solar heat flow factor proporsi solar radiasi yang diteruskan melalui elemen dinding atau atap saat temperatur pada kedua sisi sama.

2.4. Peran atap pada bangunan rendah.

Menurut BuildoTech Magazine India, kebutuhan energi dalam bangunan paling besar adalah untuk pengkondisian temperatur udara dalam ruang, yang berkisar 50-70% dari total energi yang dibutuhkan. Selubung bangunan atau “*Building Envelope*” (atap, dinding & lantai) memberikan 60-75% dari *heat gain/loss* dalam bangunan dan ini merupakan penyebab utama bagi besarnya beban pendinginan dalam bangunan.

Penerusan panas pada bangunan rendah dominan terjadi melalui bidang atap yang senantiasa menerima radiasi dan yang akan meneruskannya ke dalam bangunan. Menurut buildotechindia bahwa 35% panas solar radiasi dari atap horizontal akan masuk ke bangunan. Data lain menunjukkan bahwa 36.7% dari total radiasi matahari masuk ke bangunan (Nahar et al.2003).

Comment [A6]: ANGKA GA COCOK DG GAMBAR GRAFIK DIBAWAHNYA



Gambar 2.2: Transmisi panas melalui selubung bangunan
(Sumber: http://buildotechindia.com/thermal_insulation_of_buildings/)

Intensitas radiasi matahari rata-rata di Surabaya pada bidang datar berkisar 800-900 Wh.m⁻². Pada bidang dengan kemiringan antara 30° sampai 45°, mempunyai konsentrasi radiasi matahari sekitar 150-200 Wh.m⁻² (Mintorogo, 2010). Oleh karena itu isolasi termal pada selubung bangunan terutama pada atap menjadi faktor yang penting untuk mengendalikan panas yang masuk kedalam bangunan dan penghematan penggunaan energi.

2.5. Styrofoam sebagai insulasi termal

2.5.1. Pengertian dan fungsi Styrofoam

Sebenarnya istilah styrofoam adalah merk dagang dari *extruded polystyrene foam* (EPS) yang diproduksi dan dimiliki oleh [The Dow Chemical Company](#), yang pada saat itu kebanyakan dipakai sebagai insulator termal dan penggunaan pada benda kerajinan. Sementara di Amerika dan Canada istilah styrofoam menunjuk pada *expanded (not extruded) polystyrene foam* yang digunakan sebagai cup untuk minum kopi, dan *material packaging* yang tidak dapat membusuk. Material ini berbeda dengan EPS. (Wikipedia, 2012).

2.5.2. Penggunaan Styrofoam Panel dalam bangunan

Penggunaan EPS/Styrofoam untuk bahan bangunan lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan EPS untuk packaging, karena jangka pemakaiannya tidak sekali pakai buang seperti EPS untuk packaging namun sangat panjang, bertahun-tahun selama bangunan digunakan. Selain itu, sewaktu bangunan suatu hari dibongkar, proses pendaur ulangan EPS dapat dilaksanakan secara sistematis.

Seperti dalam penggunaan packaging, karakteristik EPS yang sangat berguna untuk aplikasi untuk bahan bangunan adalah insulasi suhunya yang sangat unggul. Ini menjadikan EPS sebagai bahan yang ideal untuk bangunan hemat energi di daerah-daerah tropis dimana udara luar sepanjang tahun selalu panas dan lembab.

Styrofoam memiliki konfigurasi sel tertutup yang memungkinkan untuk memperoleh nilai resistansi (R) yang tinggi sebagai ukuran untuk isolasi. Nilai R menentukan kapasitas elemen untuk melawan panas. Semakin tinggi nilai R, semakin baik kemampuan bahan untuk melawan panas

Sementara karakteristik yang paling penting dari busa polystyrene yang banyak digunakan untuk insulasi konstruksi adalah berbobot ringan dan tahan air. Styrofoam struktur isolasi berarti bahwa hampir tidak ada ruang kosong antara sel-sel. Ini berarti bahwa produk kuat dan tahan air. Karena begitu tahan terhadap air, Jamur tidak dapat tumbuh di permukaannya

Sebagai bahan konstruksi bangunan, styrofoam tersedia dalam bentuk lembaran/panel dengan kepadatan rendah, sedang hingga tinggi.

Styrofoam panel adalah satu penemuan yang cukup bagus sebagai alternative penggunaan material dalam bangunan. Dengan penelitian dan pengembangan teknologi panel ini dapat mengkondisikan temperatur dalam ruangan. Styrofoam Panel dibuat dengan bahan dengan daya tahan terhadap panas sehingga dapat mengurangi daya hantar panas dari luar yang masuk kedalam ruangan yang ditutupinya.

Lembaran panel yang tersedia dipasaran umumnya mempunyai ukuran 120 cm x 240 cm dengan ketebalan yang bervariasi mulai 2 cm – 15 cm. Untuk panel atap mempunyai ukuran khusus. Styrofoam panel adalah penyekat yang dapat dipergunakan untuk dinding Bangunan, pelapis lantai, atap bangunan, artistik dalam ruangan

Keuntungan Pemakaian :

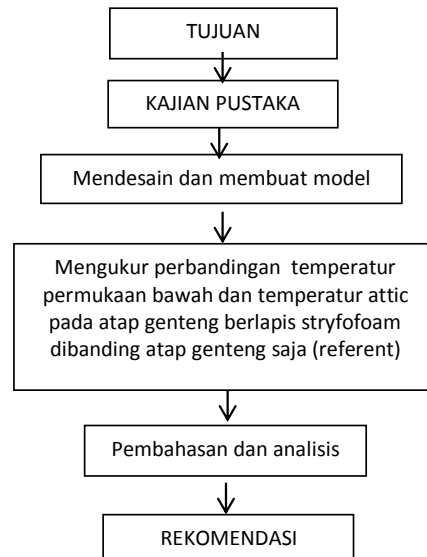
- Sebagaimana konstruksinya , styrofoam adalah panel yang tertutup rapat dengan daya rembes udara sangat kecil sehingga bahan materialnya dapat menstabilkan kondisi temperatur ruangan. Temperatur yang panas ataupun dingin dapat tertahan oleh panel ini, sehingga dapat mengurangi biaya untuk pemanasan ataupun untuk mendinginkan temperatur ruangan.

- Dari segi pemasangan, instalasi panel ini sangat mudah sehingga tidak perlu menyediakan biaya pemasangan yang cukup besar. Lembaran–lembaran panel sudah dipabrikasi dengan join sistim, sehingga untuk pemasangan akan memakan waktu yang lebih mudah.
- Masing masing lembaran mempunyai ketebalan 2-15 cm , sehingga untuk mengangkat bahan per lembarnya tidak terlampau susah.
- Lembaran panel ini dapat menahan kekuatan angin sampai 140 m/jam.
- Panel ini diharapkan dapat menggantikan pemakaian kayu sebagai dinding bangunan.
- Panel ini juga membantu untuk efisiensi energy, panel yang ditujukan untuk atap, panel dilapisi dengan stainless steel yang tahan terhadap korosi selama 20 tahun. Sehingga akan mengurangi pengantian material yang lebih cepat.
- Styrofoam panels mempunyai peranan yang penting dan berbeda dalam pemakaian dimana dapat digunakan sebagai bahan artistik dan ukiran di dinding rumah.
- Styrofoam adalah bahan material yang mudah dipotong dan dibentuk sebab mempunyai komposisi yang unik; ketika dipotong dapat diremukkan dan patah dengan mudah. Dengan menggunakan kawat yang sudah dipanaskan, panel styrofoam dapat dipotong dengan hasil yang lebih memuaskan, dimana hal ini akan mengurangi kerusakan dan bahan yang terbuang.

METODOLOGI

1.1. Disain Dan Metode Penelitian

Metode penelitian dapat digambarkan dengan skema seperti yang dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 0.1: Skema Penelitian

1.2. Pustaka

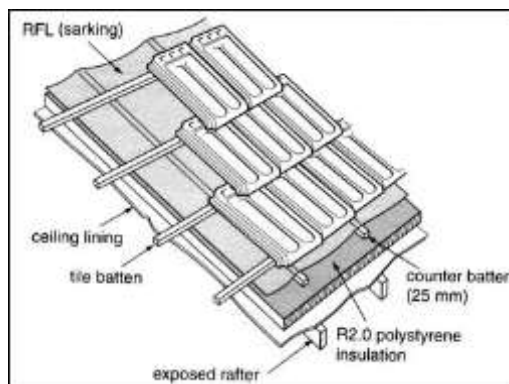
Berupa kajian pustaka-pustaka yang berkaitan dengan sisten termal dan penerusan panas, property termal material, serta karakteristik dan penggunaan styrofoam, seperti yang diuraikan dalam Bab 2.

1.3. Model

Model yang digunakan sebagai sarana mengukur penggunaan styrofoam sebagai material insulasi atap beserta konsekuensinya. Penelitian merupakan experimental dan akan menggunakan dua model, yaitu :

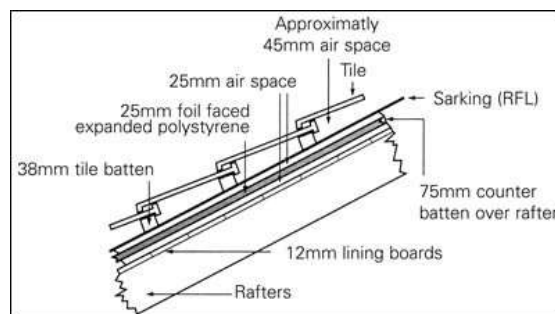
1. Atap miring dengan penutup atap genteng saja sebagai *Reference Model*
2. Atap miring dengan penutup atap genteng lapisan styrofoam sebagai isolator panas

Kedua model terbuat dari rangka atap dari kayu dan penutup atap dari genteng tanah liat Karangpilang. Untuk model yang diberi isolator akan dipasang Styrofoam dibawah penutup atap genteng,

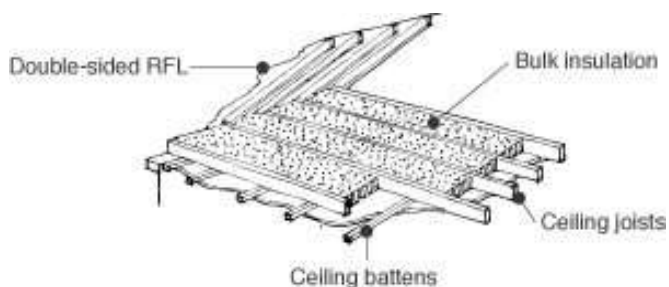


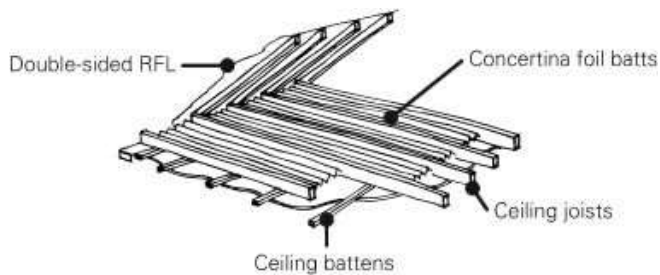
Comment [A7]: Gambar diganti sesuai yg dipakai dan foto model

Gambar 0.2: ilustrasi pemasangan Styrofoam pada model



Gambar 0.3: Potongan model dengan Styrofoam





Gambar 0.4: perspective typical model

Model diletakkan di atap Lantai 6 Gedung P Universitas Kristen Petra. Penempatan posisi model diusahakan bebas dari naungan dinding disebelahnya.

Pembuatan model dimulai pada Nopember 2012 dan selesai pada

3.4. Pengukuran

Kinerja lapisan styrofoam sebagai isolator panas, dianalisis dengan membandingkan temperatur permukaan bawah genteng saja (*referent*) dengan temperatur permukaan bawah genteng berlapis styrofoam. Dan membandingkan temperatur ruang/rongga atap (*attic*) berpenutup genteng saja (*referent*) dengan temperature *attic* berpenutup genteng berlapis Styrofoam. Pengukuran dilakukan bersamaan untuk mendapatkan data:

- Besaran temperatur ruang atap (*attic room*) ber ventilasi dalam satuan °C.
- Besaran temperatur permukaan bawah atap dalam satuan °C.

3.4.1. Alat Ukur

1. Dua unit Hobo *data logger with sensor-probe* dipakai untuk mengukur temperatur permukaan bawah atap genteng saja (*referent*) dan atap genteng berlapis Styrofoam.
2. Dua unit Hobo *data logger* dipakai untuk mengukur temperatur ruang di bawah atap (*attic*) pada kedua model.



Gambar 0.5: HOBO U12 dengan kabel sensor

3.4.2. Waktu Pengukuran

Pengukuran dilakukan selama empat bulan berturut-turut, mulai bulan April 2013 sampai dengan pada bulan Juli 2013.

3.5. Analisis dan Pembahasan

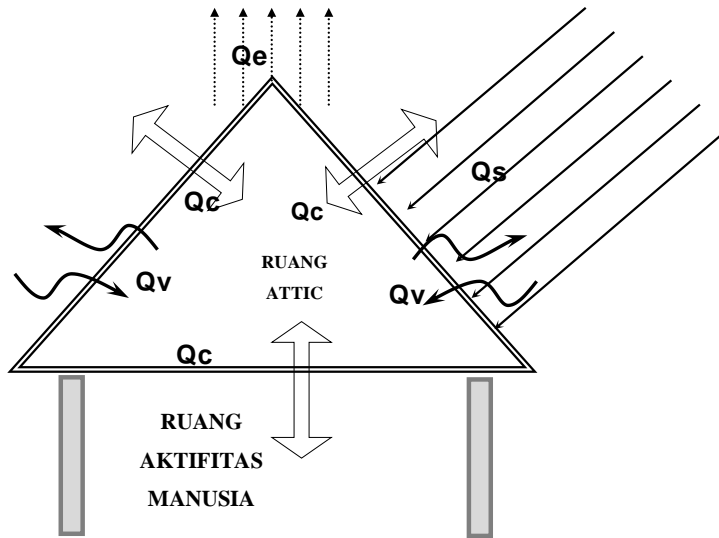
Analisis dilakukan dengan membandingkan temperatur permukaan bawah dan temperatur rongga atap (*attic*) antara model yang menggunakan penutup atap genteng saja dengan penutup atap yang dilapisi styrofoam sebagai insulasi. Untuk menilai kinerja styrofoam sebagai insulasi, perlu dipahami sistem termal yang terjadi dalam rongga atap, dimana pertukaran panas terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi. Dengan mengevaluasi besar temperature dan karakteristik termal material bahan, pertukaran panas yang terjadi maka disimpulkan kinerja styrofoam sebagai

3.6. Rekomendasi

Dari hasil analisis dan pembahasan serta kesimpulan yang telah disusun, maka disampaikan rekomendasi tentang pemakaian styrofoam sebagai isolator pada atap dengan konsekuensinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.4.Sistem Termal pada Attic



Gambar 4.1: Sistem termal pada attic

Sistem termal di dalam ruang/rongga dibawah atap miring (*attic*) adalah seperti digambarkan pada gambar 4.1 di atas. Atap selalu mendapat panas radiasi matahari sepanjang hari. Panas radiasi yang jatuh pada bidang atap yang opaque (tidak tembus cahaya), akan diteruskan masuk ke dalam *attic*, dan diperhitungkan secara konduksi bersamaan dengan temperature udara luar yang disebut sebagai temperature sol air. Pertukaran panas secara konduksi baik berupa panas masuk (*heat gain*) maupun panas keluar (*heat loss*) terjadi melalui bidang-bidang atap miring ke udara luar dan melalui plafon ke ruang aktifitas manusia di bawahnya. Secara konveksi juga bisa berupa panas masuk (*heat gain*) maupun panas keluar (*heat loss*) terjadi melalui celah-celah udara pada bidang-bidang atap. Sementara pada *attic* tidak terdapat sumber panas internal dari manusia dan peralatan. Kebanyakan atap di daerah tropis seperti yang ada pada model atap penelitian, kehilangan panas secara evaporasi tidak terjadi atau diabaikan karena hanya terjadi pada saat-saat tertentu. Oleh karena itu pertukaran panas pada *attic* model penelitian hanya dievaluasi berdasarkan pertukaran panas secara konduksi dan konveksi saja.

Panas radiasi yang sangat besar di Surabaya seperti yang telah di uraikan dalam Bab 2.4. akan masuk ke *attic*, yang sesuai dengan konsep sol air akan diperhitungkan secara konduksi. Besarnya beban panas konduksi dipengaruhi oleh beda temperatur sol air dengan temperature udara di dalam *attic*, luas atap dan nilai transfer panas (nilai U) material atapnya. Oleh karena itu, akibat panas radiasi yang sangat besar di Surabaya pasti temperature sol air pada siang hari menjadi sangat besar juga.

Pertukaran panas secara konveksi pada model atap yang hanya menggunakan genteng saja, menjadi sangat berarti karena banyak celah terjadi pada sambungan antara genteng. Sementara pada model atap dengan lapisan styrofoam pertukaran secara konveksi sangat tidak berarti karena celah antara sambungan genteng tertutup styrofoam dan celah yang ada sangat terbatas.

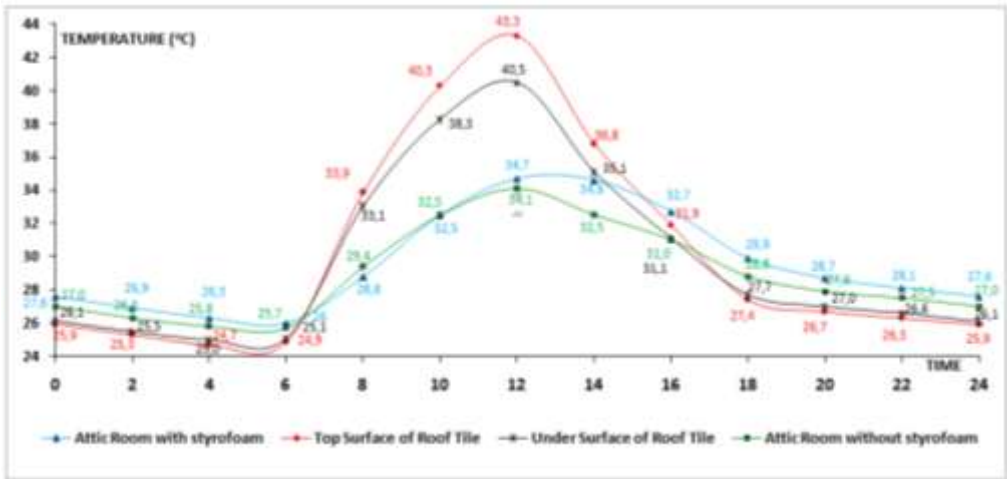
1.5.Hasil Pengukuran

Grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan rata-rata hasil pengukuran temperatur permukaan genteng karangpilang, temperatur bawah genteng, ruang attic dengan dan tanpa styrofoam. Pada puncak jam 12 siang, temperatur permukaan genteng mencapai 43.3°C. Terjadi perbedaan temperatur permukaan atas dan bawah genteng karangpilang sebesar 2.8°K (Kelvin). Penampilan termal ruang atap (*attic room*) tidak pakai lapisan Styrofoam lebih baik daripada ruang atap pakai lapisan Styrofoam yang diletakkan tepat dibawah usuk. Terjadi 0.6°K (Kelvin) pada puncak panas genteng jam 12 siang antara ruang atap biasa dengan ruang atap pakai Styrofoam. Demikian sampai jam 12 tengah malam sampai pagi (jam 6) serta 24 jam (jam 24.⁰⁰ sampai 24.⁰⁰), performa ruang atap dengan Styroam menunjukkan terma lebih panas dan tidak mudah lepas panas pada malam hari.

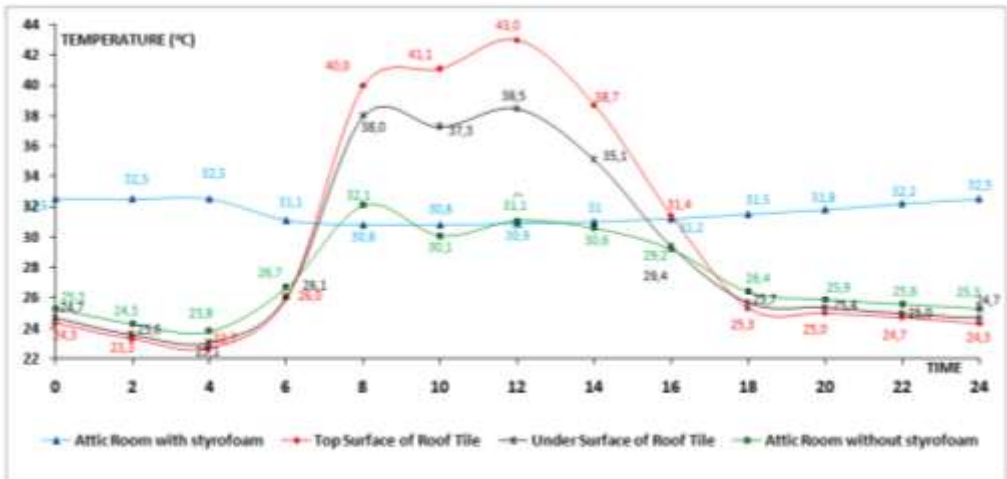
Temperatur permukaan genteng karangpilang paling cepat merespon pada suhu udara luar dari pagi hingga malam hari. Dapat dilihat pada grafik gamabr 4.2, grafiknya pada malam hari paling rendah temperaturnya dari pada temperatur permukaan bawah genteng dan ruang atap.

Gambar 4.3 menunjukkan temperatur pada bulan Mei 2013, dimana suhu udara dan radiasi matahari lebih panas sehingga jam 8 pagi permukaan atas genteng karangpilang sudah mencapai temperatur 40°C. Terjadi perbedaan temperatur 2°K antara lapisan atas dan bawah genteng.

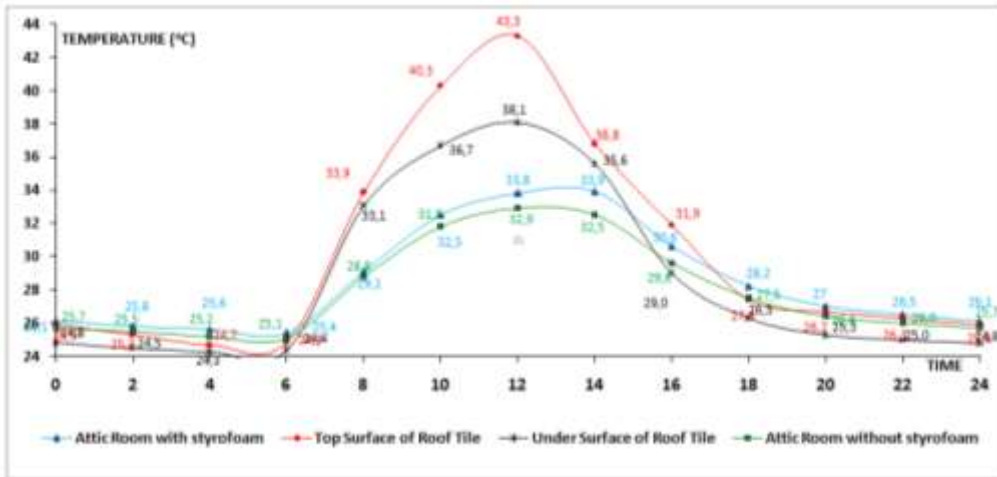
Temperatur ruang atap dengan Styrofoam menunjukkan performa termal paling buruk, mulai jam 24.00 malam hari hingga tengah malam berikutnya temperatur rata-rata diatas 30°C. Bahkan terjadi lebih tinggi temperatur ruang atap biasa dibandingkan ruang atap dengan Styrofoam sebesar 1.3°K pada jam 8 pagi.



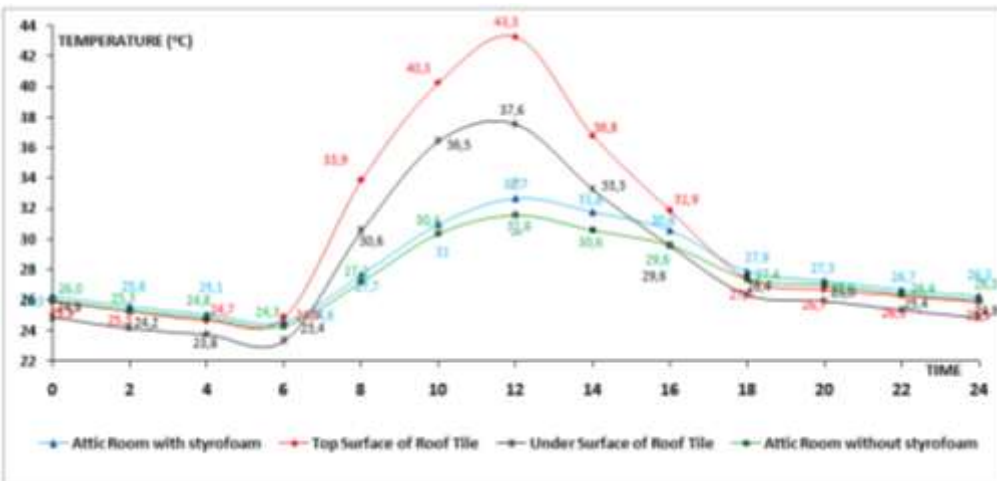
Gambar 4.2: Temperatur Attic Room dengan & tanpa Styrofoam April 2013



Gambar 4.3: Temperatur Attic Room dengan & tanpa Styrofoam Mei 2013



Gambar 4.4: Temperatur Attic Room dengan & tanpa Styrofoam Juni 2013



Gambar 4.5: Temperatur Attic Room dengan & tanpa Styrofoam Juli 2013

Pada gambar 4.4 seperti biasa temperatur ruang atap dengan Styrofoam menunjukkan performa suhu lebih tinggi dari pada ruang atap biasa, sebesar 0.9°K perbedaan temperatur pada puncak suhu jam 12 siang bulan Juni 2013. Demikian juga pada gambar 4.5 dimana terjadi perbedaan temperatur lebih besar 1.1°K pada ruang atap dengan Styrofoam dibandingkan ruang atap biasa.

Tabel 4.1: Temperatur Rata-rata *Daytime & Nighttime* April-Juli 2013

ITEMS	APRIL 2013		MAY 2013		JUNE 2013		JULY 2013	
	Avg. Daytime	Avg. Nighttime	Avg. Daytime	Avg. Nighttime	Avg. Daytime	Avg. Nighttime	Avg. Daytime	Avg. Nighttime
Top Surface Roof Tile Temp.	34,1	25,8	35,1	26	36,1	25,8	34,3	25,8
Beneath Surface Roof Tile Temp.	33	26	32,9	24,4	31,8	24,8	31,1	24,8
Attic Room without Styrofoam Temp.	30,6	26,9	29,5	25	29,7	25,8	28,7	25,9
Attic Room with Styrofoam Temp.	31,3	27,5	31	32,1	30,5	26,7	29,5	26,7

Pada tabel 4.1 menunjukkan rata-rata temperatur performa pada pagi dan malam hari. Pada bulan April 2013, temperatur bola kering sebesar 0.7°K lebih tinggi pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa pada performa pagi hari, sedangkan terjadi lebih tinggi temperatur bola basah 2.4°K pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa.

Pada bulan Mei 2013, temperatur bola kering sebesar 1.5°K lebih tinggi pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa pada performa pagi hari, sedangkan pada malam hari terjadi temperatur bola basah lebih tinggi 7.3°K pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa.

Pada bulan Juni 2013, temperatur bola kering sebesar 0.8°K lebih tinggi pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa pada performa pagi hari, sedangkan pada malam hari terjadi temperatur bola basah lebih tinggi 0.4°K pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa.

Pada bulan Juli 2013, temperatur bola kering sebesar 0.8°K lebih tinggi pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa pada performa pagi hari, sedangkan pada malam hari terjadi temperatur bola basah lebih tinggi 0.3°K pada ruang atap dengan Styrofoam daripada ruang atap biasa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemakaian Styrofoam untuk atap miring genteng tidak efektif karena hanya mengurangi temperature permukaan bawah, sebaliknya malah menghambat pelepasan panas secara konveksi. Beberapa dugaan. Yang mungkin bisa dilanjutkan untuk penelitian berikutnya adalah:

- Styrofoam lebih efektif dipakai sebagai isolator untuk penutup atap yang berupa lembaran dengan ukuran besar, dimana celah-celah penutup atap relative tidak terlalu berarti bagi pelepasan panas konveksi.
- Karena sebenarnya Styrofoam dapat menurunkan penerusan panas sampai dengan permukaan bawah atap maka sebaiknya rongga atap/ruang *attic* dirancang untuk mempunyai system ventilasi sebagai upaya pelepasan panas di dalamnya.
- Penempatan Styrofoam dilapisan penutup plafon di ruang atap (*attic*) agar penerusan panas dari ruang *attic* ke ruang aktifitas manusia dapat diperkecil.
- Styrofoam tidak efektif untuk mengurangi penerusan panas dari genteng ke ruang atap yang tidak berventilasi.

DAFTAR PUSTAKA

Cook, J. (1985). *Passive Cooling*, London: MIT Press.

Givoni, B. (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Nahar, N.M., P. Sharma & M.M. Purohit (2003). "Performance of Different Passive Techniques for Cooling of Buildings in Arid Regions." *Building and Environment*, **38**, 109 – 116.

Mintorogo, D.S. (2010). Surabaya's Horizontal and Tilted Global Solar Irradiation in 2009. *Research Report*, Petra Christian University Surabaya-Indonesia.

Szokolay, S.V. (1987). *Thermal Design of Buildings*. RAI Education Division, Canberra.

Visited Websites:

<http://khedanta.wordpress.com/2011/04/20/pemakaian-styrofoam-panel-untuk-bangunan-rumah/>