

PENGGUNAAN BETON RINGAN SEBAGAI BAHAN BANGUNAN ALTERNATIF UNTUK DAERAH BERIKLIM TROPIS

Abdul Munir

Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Jln. Teuku Nyak Arief Darussalam, Banda Aceh

**Email: munirsyadi@unsyiah.ac.id*

ABSTRAK

Faktor utama terkait dengan lingkungan yang menyebabkan ketidaknyamanan pada bangunan di daerah tropis adalah suhu udara yang tinggi. Bangunan sebagai climate modifier harus direkayasa sehingga dapat menciptakan lingkungan dalam yang nyaman terhadap kondisi termal. Dinding merupakan salah satu elemen utama bangunan yang menghantarkan panas dari luar ke dalam bangunan. Dewasa ini bangunan modern lebih banyak menggunakan beton/tembok yang umumnya mempunyai konduktifitas panas sekitar 0,7 W/mK sebagai bahan utama untuk dinding. Beton ringan dengan konduktifitas 0,2-0,3 W/mK sebagai bahan dinding dapat digunakan untuk mengurangi beban panas dalam bangunan. Penelitian ini difokuskan pada penggunaan beton busa (foam concrete) sebagai bahan dinding yang dapat menggantikan batu bata merah. Konduktifitas panas beton busa untuk berbagai specific gravity (SG: 500 ~ 1000 kg/m³) diukur untuk mendapatkan nilai resistensi. Model uji dibuat mengamati perbedaan kinerja dinding dengan menggunakan beton busa dan bata merah dengan mengukur suhu permukaan dalam dan luar benda uji. Pengukuran dilakukan secara terus menerus 24 jam untuk melihat respon bahan dinding terhadap perubahan suhu udara tropis. Analisis respon beton busa dan bata merah terhadap lingkungan dilakukan untuk membandingkan kinerja kedua jenis material bangunan tersebut. Penggunaan beton busa sebagai dinding dapat menurunkan suhu udara dalam ruangan sepanjang hari pengukuran yang dikarenakan daya hantar dan kapasitas penyimpanan panas yang lebih kecil dibandingkan dengan dinding bata merah. Hasil ini mengindikasikan potensi penghematan energi bangunan jika beton busa digunakan untuk daerah tropis dimana suhu udara relatif tinggi sepanjang tahun.

Kata Kunci: Beton Busa, Bata Merah, Konduktifitas Termal, *Tropical Climate*.

PENDAHULUAN

Studi tentang pengaruh termal untuk daerah iklim tropis lembab menunjukkan bahwa selubung bangunan merupakan faktor penting untuk pengendalian termal dalam bangunan secara pasif. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menghambat laju perpindahan pada ke dalam bangunan dengan pemilihan bahan yang mempunyai resistensi tinggi terhadap panas (Lippsmeier, 1994). Disamping itu, sebagai daerah yang rawan terhadap bencana gempa, diperlukan upaya untuk mencari bahan bangunan alternatif yang mampu untuk mengurangi bobot bangunan secara keseluruhan. Dinding merupakan salah satu komponen utama selubung bangunan yang sebagai media perolehan panas bangunan. Ditinjau dari aspek struktur bangunan, dinding memberi bobot yang besar sebagai beban struktur, terutama jika digunakan dinding beton

atau bata merah. Dari sisi penggunaan energi pada bangunan, terutama untuk sistem pengkondisian udara (heating, ventilating, and air conditioning, HVAC), komponen dinding memberi kontribusi besar terhadap beban energi. Hal ini disebabkan karena dinding merupakan *modifier* lingkungan yang membatasi lingkungan dalam bangunan dan lingkungan luar. Luas dinding dan karakteristik bahan pembentuk dinding yang berhubungan dengan udara luar menentukan laju pertukaran panas antara bangunan dengan lingkungan sekitar. Dalam konteks tropis, seperti Indonesia, dengan suhu luar yang rata-rata tinggi sepanjang tahun mendorong pemakaian sistem pengkondisian udara (AC). Untuk penghematan energi AC, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan bahan dinding yang mampu menghambat panas lebih baik sehingga dapat mengurangi beban pendinginan AC. SNI mensyaratkan nilai OTTV

bangunan dalam upaya konservasi energi pada bangunan (SNI 03-6389-2000), sehingga penggunaan beton busa dapat mengurangi OTTV selubung bangunan.

Penggunaan beton busa ringan dengan beban bangunan lebih ringan, kandungan udara dalam beton busa yang tersebar merata (homogen) menjadikan sifat beton lebih baik sebagai penghambat panas (*heat insulation*) dan penghambat suara (*sound insulation*) (Navile and Brooks, 2010). Beton busa dapat diproduksi dengan berat volume yang berkisar dari 400-1800 kg/m³. Konduktifitas termal beton busa adalah 5-30% dibandingkan dengan beton normal dengan rentang nilai 0.1-0.7 W/mK untuk densitas kering 600-1600 kg/m³, berkurang sesuai dengan densitasnya (Ramamurthy, 2009).

Penelitian ini mengkaji keunggulan penggunaan beton busa sebagai produk alternatif sebagai pengganti bahan konvensional bata merah yang tidak ramah terhadap lingkungan. Respon material terhadap lingkungan termal merupakan fokus kajian ini dalam upaya penghematan energi bangunan dalam upaya mendapatkan kenyamanan bangunan.

Sifat termal beton busa juga dibandingkan dengan sifat termal bahan dinding konvensional dari batu bata yang di uji secara bersamaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan pada penggunaan beton busa untuk bahan konstruksi dinding non-struktural dengan *spesific gravity* (SG) 0,5 ~ 1,0 t/m³. Pengujian yang dilakukan terdiri atas kekuatan tekan, konduktifitas panas dan kinerja termal dinding beton busa.

Pengujian kekuatan yang diuji adalah pengujian kuat tekan dengan menggunakan benda uji silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Masing-masing SG terdiri atas tiga benda uji dengan total keseluruhan 18 buah benda uji. Pengujian kekuatan beton busa dilakukan pada umur 28 hari setelah pengecoran. Pengukuran nilai konduktifitas panas dibuat benda uji dengan ukuran 30 mm x 250 mm x 250 mm sejumlah 3 buah untuk setiap SG. Pengukuran nilai konduktifitas termal dilakukan dengan menggunakan alat *high insulation house* dengan menempatkan benda uji pada sisi *insulation house* (Gambar 1).



Gambar 1. *High Insulation House, Instrument* untuk Pengukuran Konduktifitas Panas Benda Uji Beton Busa

Heat generator memberi beban pada pada sistem peralatan ini yang selanjutnya dialirkan ke luar melalui benda uji dengan ketebalan 3 cm. Suhu yang diukur adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Perubahan suhu permukaan, suhu internal dan eksternal sistem diukur sampai kondisi sistem dalam keadaan stabil (*steady state*). Data suhu ini selanjutnya digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai konduktifitas termal benda uji berdasarkan Persamaan 1 dan 2.

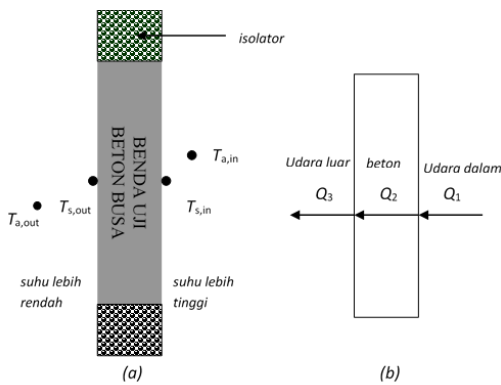
Pengujian kinerja termal beton busa dilakukan pada beton busa dalam bentuk bata foam dengan ukuran 400 mm x 200 mm x 80 mm.

Konduktifitas panas adalah sifat dari bahan homogen yang menentukan aliran panas per-satuan waktu secara konduksi melalui satu satuan tebal pada suatu luasan dari bahan dengan perbedaan temperatur pada kedua sisinya 1°K. Konduktifitas panas (λ) dapat diekspresikan dalam satuan W/m.^oK, yaitu kemampuan dari bahan/material menghantarkan panas. Seperti yang di ilustrasikan pada Gambar 1, laju aliran panas melalui bahan homogen q (W) dengan tebal x (m), luas A (m²), konduktifitas panas λ (W/m.^oK) dengan beda temperatur yang konstan antara kedua permukaan bahan ($t_2 - t_1$) °K dapat dihitung dengan Persamaan [1] (Soegijanto, 1998), yaitu:

$$q = \frac{A \cdot \lambda}{x} (t_2 - t_1) \dots\dots\dots(1)$$

Nilai konduktifitas panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2:

$$\lambda = \alpha_c x \frac{T_{s,in} - T_{a,in}}{T_{s,in} - T_{s,ou}} \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 2. Benda uji dan posisi penempatan sensor suhu pada tiap benda uji. (ket: $T_{a,out}$ = suhu ruangan; $T_{s,out}$ = suhu permukaan luar; $T_{s,in}$ = suhu permukaan dalam, dan $T_{a,in}$ = suhu dalam model uji).

Dimana:

λ = konduktifitas panas (W/m. °C)

α_c = koefisien perpindahan panas secara konveksi, dapat digunakan 8,1 W/m². °C untuk kondisi free-convection;

$T_{s,out}$ = suhu permukaan luar benda uji (°C);

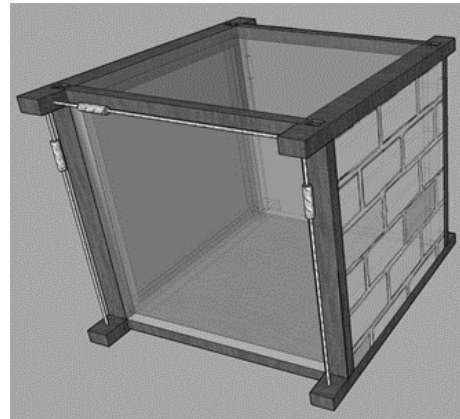
$T_{s,in}$ = suhu permukaan dalam benda uji (°C);

$T_{a,in}$ = suhu udara dalam (°C);

$T_{a,out}$ = suhu udara luar (°C);

x = ketebalan benda uji (m)

Pengukuran kinerja termal beton busa serta perbandingannya dengan dinding bata merah dilakukan dengan membangun dua buah ruang uji termal. Ukuran dari ruang uji adalah 1 m x 1 m x 1 m. Sisi depan dari ruang uji dipasang dinding beton busa/dinding bata merah, sedangkan sisi-sisi lainnya di-insulasi dengan menggunakan lapisan lembaran styrofoam dengan ketebalan 1 cm yang diletakkan di antara lapisan triplek bagian luar dan dalam. Bentuk ruang uji adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Pengukuran suhu dilakukan pada pengujian ini terdiri atas suhu udara luar, suhu udara dalam ruang uji, suhu permukaan luar dan suhu permukaan dalam. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dengan interval 10 detik.



Gambar 3. Model Ruang Uji untuk Pengujian Kinerja Termal Dinding

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kuat Tekan Beton Busa

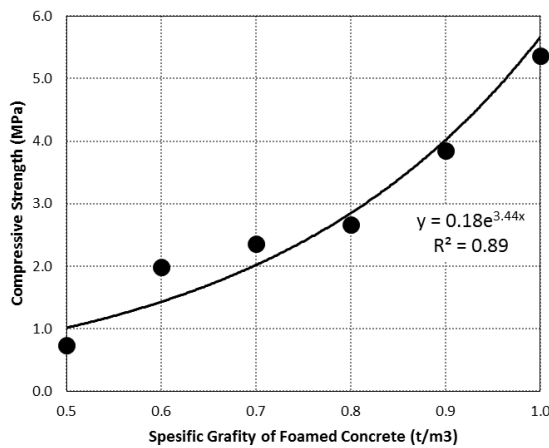
Kuat tekan beton busa pada umur 28 hari untuk semua SG dapat dilihat pada Gambar 3. Kuat tekan tertinggi diperoleh untuk SG 1.0 dengan kuat tekan sebesar 5,37 MPa dan yang terendah pada SG 0,5 sebesar 0,74 MPa. Kuat tekan dipengaruhi langsung oleh SG benda uji. Hubungan kuat tekan dengan SG terlihat menurun sesuai dengan berat jenis beton busa juga terlihat pada Gambar 4 dengan hubungan dalam bentuk regresi eksponensial. Penambahan jumlah busa yang lebih banyak untuk SG kecil menambah jumlah pori-pori dalam beton sehingga menurunkan kekuatannya.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang kuat tekan minimum untuk bata beton pejal dengan kuat tekan rata-rata minimum 2.5 MPa dan untuk bata beton berlubang 2 MPa kelas IV, beton busa dengan SG 0,8 sudah memenuhi syarat sebagai dinding partisi. Untuk beton busa dengan SG kurang dari 0,8 kekuatannya belum memenuhi kriteria kekuatan batu bata. Namun demikian kekuatan ini masing-masing mungkin tercapai pada umur yang lebih lama. Hasil ini menunjukkan potensi pemakaian beton busa sebagai bahan dinding non-struktural. Beton busa juga dapat ditambahkan bahan pengisi dari limbah industri seperti flyash batubara, abu sekam padi, abu cangkang sawit dan beberapa material organik lainnya (Munir, et al., 2015). Dalam pengujian kinerja termal beton busa selanjutnya digunakan untuk beton busa dengan SG 0,8.

2. Konduktifitas Panas Beton Busa

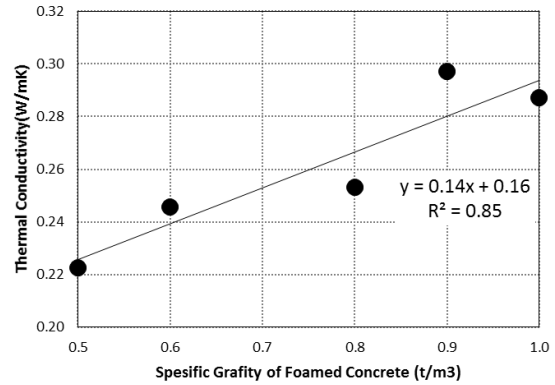
Pengujian kinerja termal beton busa terhadap karakteristik termal dilakukan dalam

kondisi *steady state*. Kondisi diperoleh ketika temperatur pada sistem dalam keadaan konstan (*steady state*), baik temperatur udara dalam alat uji maupun suhu permukaan benda uji. Suhu sistem dalam kondisi konstan diperoleh sekitar 1 jam 30 menit setelah diberikan sistem pemanas di dalam alat uji. Data pada suhu konstan selanjutnya digunakan untuk menganalisa gradien suhu antara permukaan dalam dan permukaan luar untuk setiap benda uji. Gambar 5 menunjukkan hasil perhitungan nilai konduktifitas panas beton busa untuk semua variasi SG. Data untuk SG 0,7 tidak diikutsertakan dalam analisis ini karena terjadi eror pada saat pengambilan data.



Gambar 4. Kuat Tekan Beton Busa Berdasarkan *Specific Gravity* (SG)

Salah satu keunggulan dari beton busa adalah mempunyai kemampuan untuk menjadi *thermal insulator* jika digunakan sebagai dinding bangunan. Nilai insulasi panas dapat dilihat berdasarkan besarnya nilai konduktifitas panas dari suatu material. Neville and Brooks (2010) menunjukkan bahwa nilai konduktifitas panas berkaitan langsung dengan nilai SG. Beton ringan dengan SG 0.5 ~ 1.0 mempunyai nilai konduktifitas panas sebesar 0.1 ~ 0.3 W/m.K. Nilai yang diperoleh dalam penelitian ini seperti diperlihatkan pada Gambar 5 masuk dalam kategori yang dirumuskan tersebut. Terjadi pengurangan nilai konduktifitas panas sebesar 0.013 W/mK untuk setiap penurunan bobot beton busa 100 W/mK seperti ditunjukkan pada

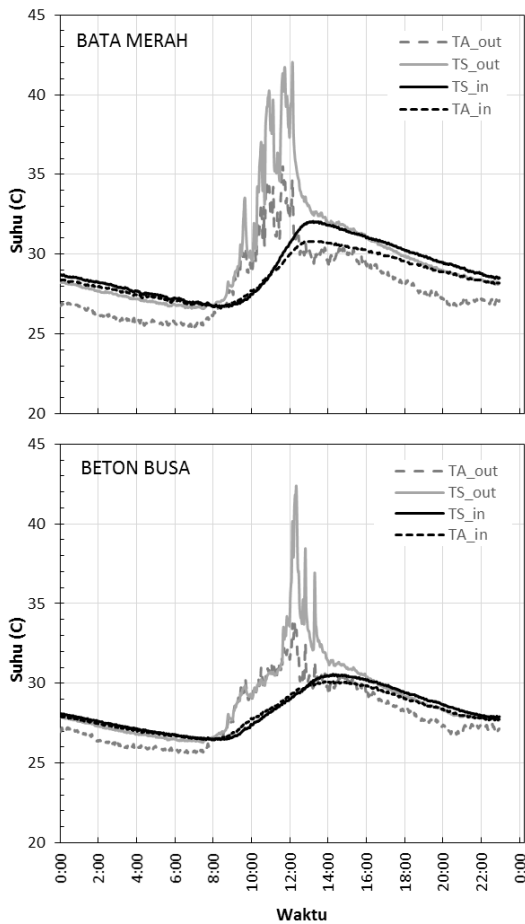


Gambar 5. Nilai Konduktifitas termal beton busa berdasarkan *specific gravity* (SG)

3. Kinerja Termal Beton Busa

Kinerja termal diamati dengan menggunakan ruang uji dengan mengukur respon terhadap perubahan suhu lingkungan. Pengukuran diukur selama 24 jam. Pengukuran juga dilakukan pada dinding batu bata merah dengan waktu dan perlakuan yang sama seperti pada beton busa.

Gambar 6 menunjukkan perubahan suhu yang terjadi pada benda uji dinding bata merah dan beton busa. Pengukuran yang dilakukan selama 24 menunjukkan karakteristik yang berbeda antara bata merah dan beton busa dalam merespon suhu lingkungan. Pada malam hari secara umum suhu permukaan dinding dan suhu ruangan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara luar. Suhu udara dalam ruang uji lebih rendah pada ruang uji beton busa dibandingkan pada bata merah sepanjang waktu pengukuran. Peningkatan suhu pada siang hari lebih cepat terjadi pada ruang uji bata merah dibandingkan pada beton busa. Suhu permukaan dinding dalam mencapai 32°C, sementara pada beton busa sekitar 30,5°C.



Gambar 6. Suhu Ruang dan Suhu Permukaan Dinding dalam Merespon Perubahan Suhu Lingkungan Untuk Dinding Bata Merah (Atas) dan Beton Busa (Bawah)

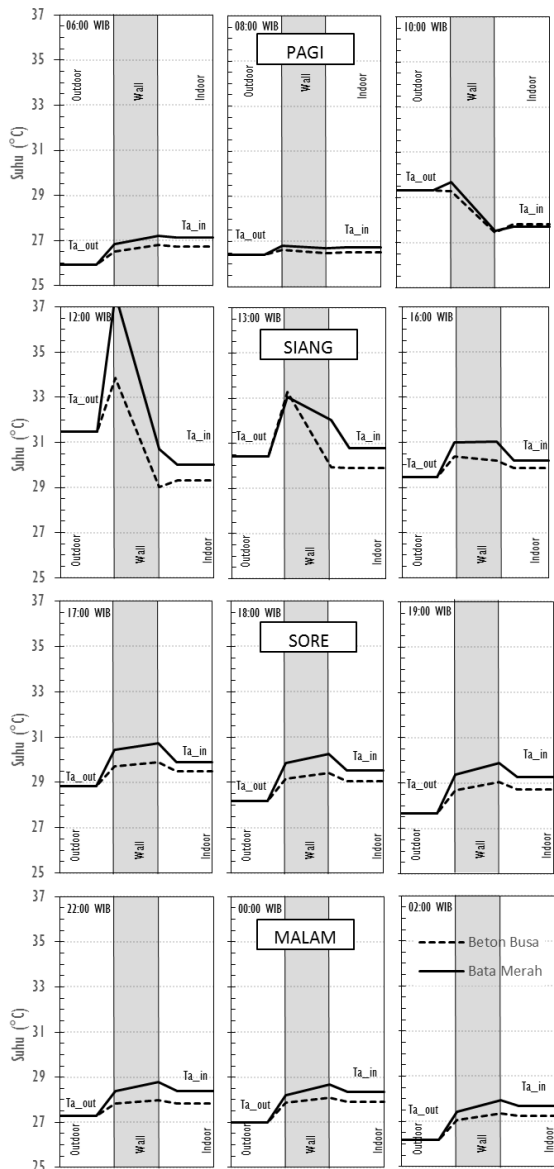
4. Perbandingan Kinerja Termal Dinding Beton Busa dengan Bata Merah

Untuk melihat keunggulan beton busa, maka kinerja termal dibandingkan dengan bata merah sebagai bahan dinding konvensional yang luas digunakan saat ini. Gambar 7 memperlihatkan profil perbedaan suhu pada ruang uji untuk beton busa dan bata merah. Perbandingan dilakukan terhadap perubahan suhu berdasarkan waktu pengukuran yaitu pada pagi siang, sore, dan malam hari. Pada pagi hari pukul 6:00 dimana belum ada terjadi peningkatan suhu udara luar, suhu dalam dan suhu permukaan dinding masih lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara luar. Sampai pukul 8:00 pagi, suhu permukaan dinding maasih menurun untuk melepas energi panas yang tersimpan dalam dinding. Suhu pada benda uji beton busa lebih rendah dari suhu bata merah. Pada pukul 10:00 dimana suhu udara luar mendekati 30°C, kondisi beton busa dan bata merah hampir sama. Laju peningkatan suhu

permukaan terjadi pada pukul 12:00 dimana suhu permukaan luar bata merah mencapai 37°C dan beton busa 34°C. Pada sore dan malam hari, kecenderungan profil suhu secara konstan sama. Suhu permukaan luar dinding lebih rendah dibandingkan permukaan dalam. Hal ini terjadi karena proses perlepasan termal antara permukaan luar dengan udara luar, sedangkan proses perlepasan panas masih terus terjadi sampai pagi hari. Suhu bata merah lebih tinggi disebabkan kapasitas penyimpanan panas bata merah lebih banyak dibandingkan beton busa. Semakin besar nilah berat jenis material maka kapasitas panasnya semakin besar. Secara keseluruhan, profil gradien suhu menunjukkan bahwa kinerja beton busa dalam merespon perubahan lingkungan lebih baik. Suhu permukaan dinding dan suhu ruang uji pada beton busa lebih rendah dibandingkan dengan pada bata merah.

KESIMPULAN

Hasil ini menunjukkan kuat tekan beton busa relatif lebih dan masih dalam kategori kekuatan Kelas IV untuk SG 0,8 sesuai dengan persyaratan SNI 03-0349-1989. Nilai konduktifitas panas beton busa berkisar antara 0,2-0,3 sesuai dengan berat jenisnya. Beton busa dengan SG 0,8 dapat disimpulkan sebagai SG yang optimum dari segi kekuatan dan mempunyai resistensi yang baik dengan nilai konduktifitas panas sekitar 0,26 W/mK. Penggunaan beton busa sebagai dinding dapat menurunkan suhu udara dalam ruangan sepanjang hari pengukuran yang dikarenakan daya hantar dan kapasitas penyimpanan panas yang lebih kecil dibandingkan dengan dinding bata merah. Hasil ini mengindikasikan potensi penghematan energi bangunan jika beton busa digunakan untuk daerah tropis dimana suhu udara relatif tinggi sepanjang tahun.



Gambar 7. Profil Gradien Suhu Pengujian Beton Busa (*Dash Line*) dan Bata Merah (*Solid Line*) pada Pagi, Siang, Sore, dan Malam Hari

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DP2M-DIKTI yang mendanai penelitian ini dalam skim PENPRINAS-MP3EI 2011-2025 (Kontrak No. 035/SP2H/PL/Dit. Litabmas/II/2015 Tanggal 5 Februari 2015).

Daftar Pustaka

K. Ramamurthy, E.K. Kunhanandan Nambiar, G. Indu Siva Ranjani, A classification of studies on properties of foam concrete, *Cement and Concrete Composites*, Volume 31, Issue 6, July

2009, Pages 388-396, ISSN 0958-9465,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcom>
p.2009.04.006.

Lippsmeier G. (1994), *Bangunan Tropis*, Erlangga, Jakarta.

Munir A., Abdullah, Huzaim, Sofyan, Irfandi, Safwan, Utilization of Palm Oil Fuel Ash (POFA) in Producing Lightweight Foamed Concrete for Non-structural Building Material, *Procedia Engineering*, Volume 125, 2015, Pages 739-746, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.119>.

Naville, A.M., and Brooks, J.J. (2010), *Concrete Technology*, Longman, London.

SNI 03-0349-1989 (1993) *Bata beton sebagai pasangan dinding*.

SNI 03-6389-2000 (2000), *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta

Soegianto (1998) *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*, DIKTI Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.