

ANALISA ELEMEN HINGGA UNTUK DINDING BANGUNAN MENGGUNAKAN BAHAN BATAKO TANPA PLESTER DAN TANPA PEREKAT SAAT MENERIMA BEBAN

Parang Sabdono^{1*)}, Sugiyanto^{2*)}, I. Firmansyah¹⁾, P. Matheus¹⁾ dan Rifky Ismail²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. Sudharto Kampus UNDIP Tembalang Semarang, 50275

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. Sudharto Kampus UNDIP Tembalang Semarang, 50275

parang_sabdono@yahoo.com dan edt.sugiyanto@gmail.com

Abstrak

Fakultas Teknik UNDIP mengembangkan batako tanpa plester dan tanpa perekat (BTPTP) sebagai salah satu varian batako yang selama ini telah dikenal di pasar. Kelebihan yang ditawarkan oleh BTPTP ini adalah kemudahan dan kecepatan pemasangannya sehingga menghasilkan produktifitas dan efisiensi pembangunan dinding rumah yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan menganalisa dinding yang dibuat menggunakan bahan BTPTP, berukuran 2 x 1 m saat menerima beban menggunakan software berbasis elemen hingga, yaitu ABAQUS dengan input data pengujian berasal dari sifat mekanis BTPTP. Dinding berbahan BTPTP ini diberikan beban normal dari atas dinding, sejajar dengan gravitasi bumi dan beban lateral dari arah samping, tegak lurus terhadap gravitasi bumi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa software ABAQUS berhasil digunakan untuk memodelkan deformasi dan tegangan pada dinding yang disusun menggunakan BTPTP. Hasil analisa disajikan dalam bentuk analisa distribusi tegangan dan analisa deformasi dinding BTPTP saat menerima beban normal dan lateral. Pada beban normal, area dinding yang mengalami tegangan maksimum terdapat pada bagian atas dinding yang mendapatkan penekanan. Beban yang terdistribusi merata menjadikan daerah yang menerima beban maksimal juga terdistribusi merata pada bagian permukaan. Pada beban lateral, bagian dinding yang mengalami beban maksimal juga berlokasi pada sisi yang menerima beban. Beban secara berangsur berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dinding terhadap lokasi pembebanan. Beban juga memberikan konsentrasi tegangan pada bagian bawah dinding yang mengalami penguncian ke segala arah. Hasil simulasi digunakan sebagai prediksi awal daerah yang mengalami beban maksimal dan diprediksi akan mengalami kerusakan saat dilakukan uji eksperimental.

Kata kunci: Batako tanpa plester dan tanpa perekat, dinding bangunan, analisa elemen hingga

Pendahuluan

Sistim dinding pemikul beban sudah biasa dilakukan dan digunakan pada bangunan sederhana tetapi analisa terhadap beberapa kejadian gempa yang terjadi di Indonesia menyebutkan bahwa bangunan dengan sistim dinding pemikul banyak mengalami kegagalan. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro saat ini sedang mengembangkan material bata untuk elemen struktur dinding bangunan. Bata ini untuk pemasangannya tanpa menggunakan perekat / mortar dan tanpa plester untuk finishing. Metode pemasangan bata hanya disusun dari bawah ke atas dengan memperhatikan vertikalitasnya dan kelurusannya. Bata ini dikembangkan dengan mempertimbangkan beberapa keunggulan, yaitu (Sabdono, 2013): (i) setiap tenaga yang tidak terlatih dapat memasangnya, (ii) waktu yang diperlukan untuk proses membangun suatu rumah lebih cepat, (iii) kecepatan pembangunan dapat dapat menghemat biaya. Jenis bata ini dipandang tepat untuk: (i) hunian yang perlu dibangun cepat saat terjadi bencana, (ii) hunian untuk rumah sederhana sehat, (iii) bangunan permanen yang suatu saat perlu dipindahkan seperti kios PKL, dan untuk beberapa keperluan lain.

Bata yang dikembangkan disebut Batako Tanpa Plester dan Tanpa Perekat (BTPTP) yang digunakan sebagai material dinding rumah. Beberapa rumah telah dibangun di beberapa lokasi dengan menggunakan batako tersebut. Kelebihan yang dimiliki oleh desain BTPTP ini adalah: (i) dinding yang terbuat dari BTPTP tidak memerlukan struktur kolom pada sambungan dinding dan bagian tengah dinding, (ii) dinding BTPTP tidak memerlukan semen untuk perekat antar batako dan (iii) dinding BTPTP ini dapat didesain tanpa membutuhkan plester untuk menutup permukaan batako. Dinding BTPTP dapat langsung diaci halus menggunakan semen pasca konstruksi dinding. BTPTP ini memiliki desain yang disertai pengunci untuk memudahkan pemasangan dan menahan beban

geser. Kekurangan pada dinding yang dibuat dari BTPTP adalah rentan terhadap gaya lateral, yaitu salah satu gaya yang muncul saat terjadi gempa tektonik. Mengingat bahwa hubungan antar batako tidak ada perekat maka kemampuan dalam menahan geser rendah. Kuat geser dinding hanya mengandalkan hubungan antara bagian pengunci yang menonjol pada sisi atas batako dan bagian yang berongga pada sisi bawah batako.

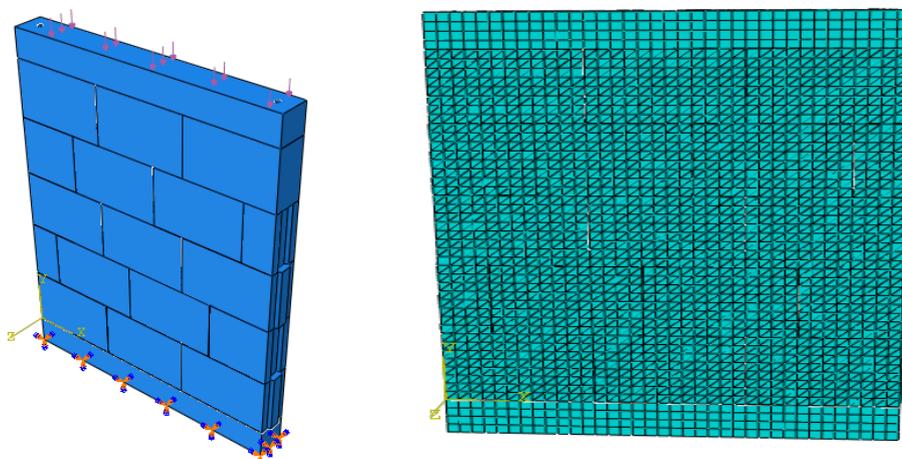
Mengingat di Indonesia adalah daerah dengan intensitas gempa yang cukup sering maka perlu dilakukan penelitian terhadap ketahanan dinding yang terbuat dari BTPTP dalam menahan beban normal dan beban lateral sebagai penyederhaan terhadap beban gempa. Sebelum adanya uji eksperimental maka dilakukanlah simulasi numerik berbasis metode elemen hingga untuk memprediksi kemampuan dinding BTPTP dalam menahan beban normal dan lateral. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendapatkan: (i) nilai besarnya gaya lateral yang dapat ditahan oleh dinding, (ii) Pola retakan dan tingkat keruntuhan dan (iii) sistim perkuatan pada dinding agar kemampuan geser meningkat.

Metode

Pemodelan pembebanan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method-FEM*) seringkali dilakukan untuk memprediksi fenomena yang muncul saat uji eksperimen. Pada penelitian ini, software yang digunakan adalah Abaqus 6.10-1 dengan menggunakan sifat mekanis yang didapat dari hasil pengujian. Dengan menggunakan simulasi komputer maka didapatkan berbagai variasi dan diambil yang paling konservatif untuk dilakukan eksperimen. Pemodelan dilakukan dengan menyusun BTPTP menjadi dinding berukuran 1 x 1 m sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Data input sifat BTPTP dalam Software ABAQUS

Data Input	Nilai	Satuan
Density	2400	kg/m ³
Modulus young	34300	MPa
Poisson ratio	0,2	
Compressive strength	43,5	MPa
Ultimate stress	620	MPa



Gambar 1. Model penyusunan dinding menggunakan BTPTP berjenis single dan double.

Bentuk dinding yang digunakan adalah *rectangle* dengan ukuran 1000 x 900 mm. Bentuk dinding kemudian dibuat lubang pada jarak 50 mm dari ujung, ini untuk meletakkan 2 tulangan pada langkah assembly. Bentuk tulangan yang digunakan adalah circle (center & perimeter) dengan diameter 12 mm. Dalam simulasi FEM digunakan 2 buah material yaitu baja dan batako. Pada pemberian beban normal, beban diletakkan pada bagian atas susunan dinding dan bagian bawah dinding BTPTP dikunci ke segala arah sedangkan pada pembebanan lateral beban diberikan pada arah samping dinding dan bagian bawah dinding BTPTP dikunci ke segala arah.

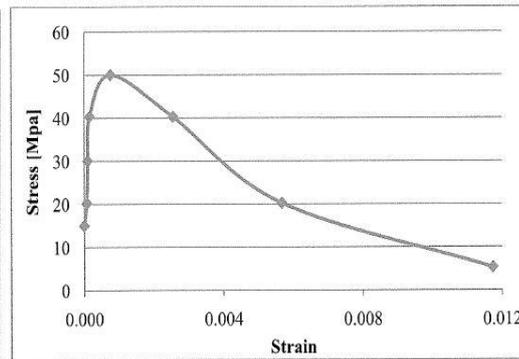
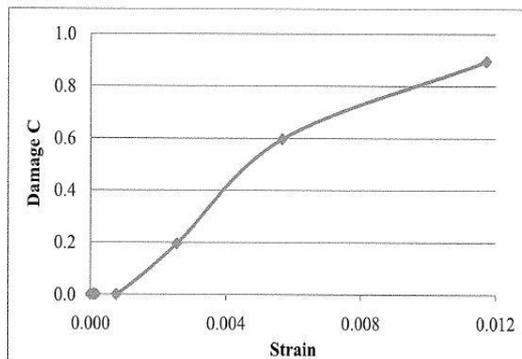
Beberapa nilai sifat batako lain yang dimasukkan ke dalam software ABAQUS adalah *Concrete Compression Hardening*, *Concrete Compression Damage*, *Concrete Tension Stiffening* dan *Concrete Tension Damage* sebagaimana terlihat pada Gambar 2 – 5. Beberapa nilai dalam grafik ini berfungsi untuk memberikan panduan perilaku ketika BTPTP menerima beban dan luar.

Pada simulasi ini, digunakan 2 buah langkah untuk mendefinisikan 2 buah pembebanan yaitu aksial dan lateral. Setiap *step* pada simulasi ini menggunakan *procedure step dynamic explicit*. Antar permukaan bagian atau *part* BTPTP yang digunakan perlu didefinisikan. Langkah ini dilakukan agar setiap *part* yang dimasukkan dalam

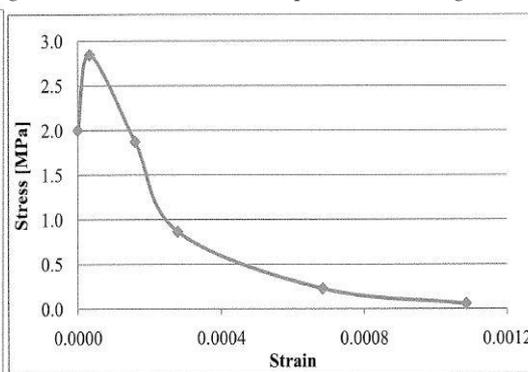
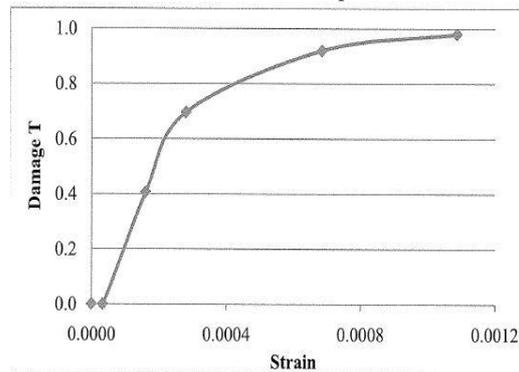
simulasi dapat melakukan interaksi antar permukaan, yaitu *surface to surface dynamic interaction*. Selain mendefinisikan antarpermukaan, dilakukan pengikatan antara satu elemen dengan element lain.

Tabel 1. Data input sifat baja dalam ABAQUS

Data Input	Nilai	Satuan
Density	7850	kg/m ³
Modulus young	200.000	MPa
Poisson ratio	0,3	
Yield stress	415	MPa
Ultimate stress	620	MPa



Gambar 2. Concrete compression hardening Gambar 3. Concrete compression damage



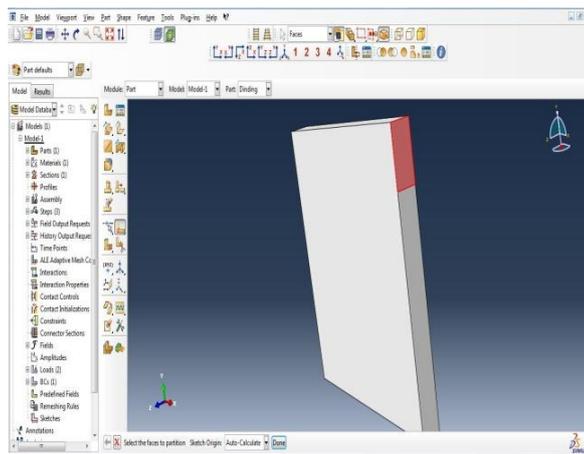
Gambar 4. Concrete tension stiffening

Gambar 5. Concrete tension damage

Pada simulasi ini, permukaan atas tulangan diikat dengan dinding berupa *surface to node constraint*. Pada simulasi ini, beban yang digunakan berupa *pressure* (tekanan) pada permukaan atas model (beban aksial) dan pada permukaan samping model (beban lateral). Selain diberikan beban, pada langkah ini, diberikan *boundary condition* atau tumpuan. Tumpuan pada bagian bawah adalah tumpuan jepit pada semua derajat kebebasan.

Dinding BTPTP ini kemudian diskritisasi menjadi elemen-elemen kecil yang disusun dengan dimensi tertentu (proses *meshing*). Jenis *mesh* yang dipilih adalah *meshing tetrahedron model*. Dengan menggunakan BTPTP berbentuk single dan double sebuah dinding dibentuk dengan sifat yang diinput sebagaimana terlihat ada Tabel 1. Diberikan *meshing* pada *part* yang telah dibuat. *Meshing* diberikan untuk melihat lebih jelas tiap element (baik deformasi maupun tegangan yang terjadi). Pada pelaksanaan simulasi, dilakukan *trial and error* untuk *mesh* yang digunakan. Langkah ini dilakukan agar didapatkan hasil yang lebih akurat dan mendetail. Model dengan pembebanan lateral ditunjukkan pada Gambar 6.

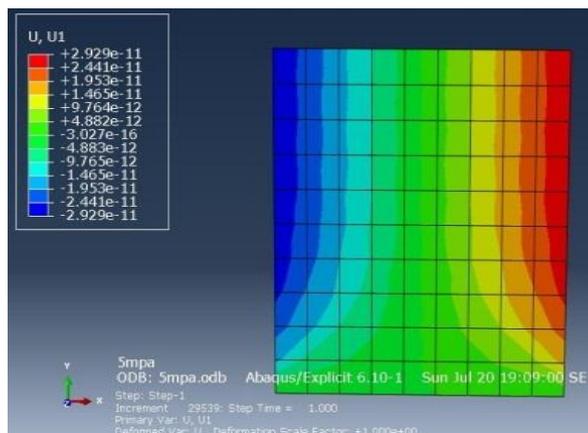
Untuk memperbesar kuat geser antara batako dilakukan tegangan awal. Tegangan awal ini dilakukan dengan memasang tulangan dari bawah sampai atas dan dikencangkan pada ulirnya. Tegangan yang paling efektif adalah sebesar 60 Nm dengan tekanan sebesar 16 kN. Tegangan awal ini akan meningkatkan kuat geser antara batako, sehingga dapat menahan gaya lateral lebih besar.



Gambar 6 Model dengan Pembebanan Lateral

Hasil dan pembahasan

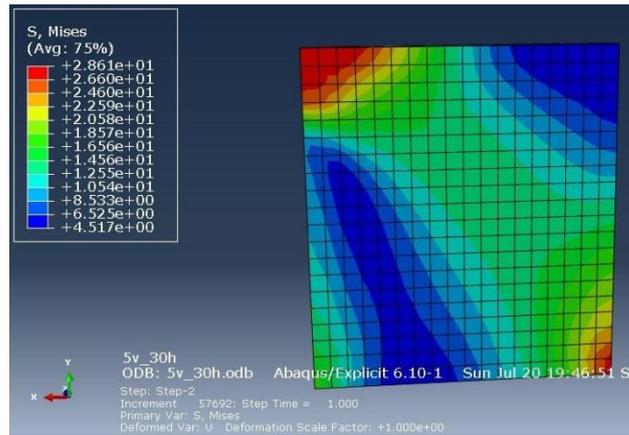
Pembuatan simulasi dengan abaqus 6.10-1 adalah untuk memprediksi gaya dan deformasi maksimum yang terjadi. Dengan didapatkan model yang sesuai maka validasi dengan uji eksperimentalakan lebih efektif karena optimasi dilakukan dengan model komputer. Dengan adanya hasil simulasi yang sudah divalidasi maka untuk mendapatkan berbagai bentuk bangunan dapat dilakukan dengan komputer sesuai dengan denah bangunan.



Gambar 7 Deformasi pembebanan aksial

Pemberian beban pada model numerik yang dikerjakan adalah pembebanan aksial dan lateral. Hasil pembebanan aksial ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan hasil pembebanan lateral pada Gambar 8. Beban lateral bekerja secara terdistribusi pada sisi atas dinding dengan kondisi batas ditetapkan sebagai tumpuan *fixed* (tidak bergerak pada semua derajat kebebasan) pada sisi bawah. Sesuai dengan gradasi dan tegangan yang terjadi maka retakan yang terjadi pada elemen yang mengalami tarik. Dari beberapa eksperimen yang dilakukan hasilnya mendekati dengan simulasi komputer

Cara pemasangan batako ialah tanpa plester dan tanpa perekat maka hubungan antar batako dapat dianggap saling mengunci/ interlocking dangaya geser antara batako sangat kecil. Dari hubungan antar batako inilah yang menyebabkan perlemahan pada dinding. Bentuk / pola retak sesuai antara simulasi dengan eksperimental, *crack* pertama terjadi karena tegangan tarik terbesar yang terjadi. Meskipun pada saat eksperimental *crack* yang terjadi lebih besar 3 cm, tetapi dinding masih tegak dan tidak runtuh. Sehingga meskipun antara batako tidak direkatkan satu dengan yang lain batako tidak lepas satu dengan yang lain.

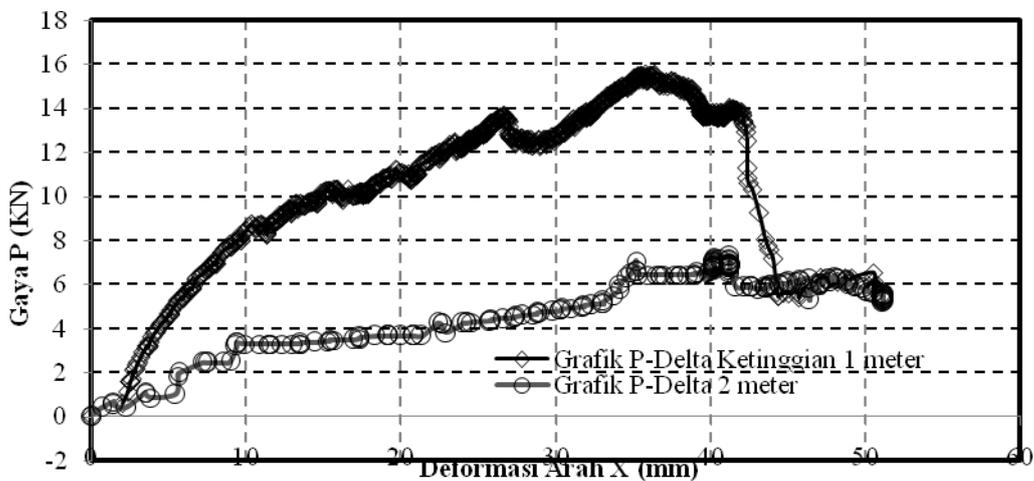


Gambar 8 Tegangan yang terjadi saat diberikan pembebanan lateral



Gambar 9 Eksperimental pembebanan lateral

Dari hasil pengujian laboratorium dan simulasi Abaqus, pola kerusakan yang terjadi pada dinding dengan pembebanan lateral, berada di sisi tarik dinding. Sisi tarik dinding berada di dekat pembebanan lateral, sedangkan sisi tekan dinding berada di sisi jauh dari dinding. Keruntuhan terjadi di sisi tarik karena batako memiliki kuat tarik yang lebih lemah bila dibandingkan dengan kuat tekan yang dimiliki. Pada simulasi Abaqus, pemusatan tegangan berada di beberapa sisi (Gambar 8), dapat dilihat bahwa konsentrasi tegangan berada di sisi tarik dari dinding.



Gambar 10 Grafik P - Δ hasil eksperimental

Kesimpulan

Pemodelan dinding menggunakan Batako Tanpa Plester dan Tanpa Perakaterbasis metode elmen hingga (*finite element method*) telah berhasil dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan eksperimental. Terdapat perbedaan yang dari hasil simulasi dan uji eksperimenta yang telah dilakukan untuk melakukan proses validasi. Hal ini disebabkan antara lain: (i) mutu batako yang kurang seragam, (ii) Adanya celah karena sistim pemasangan tanpa plester dan tanpa perekat maka dapat dianggap adanya first crack pada dinding. Hal positif yang didapatkan dari kegiatan penelitian ini adalah pola retakan sesuai dengan simulasi. Karakteristik batako yang lemah terhadap tegangan tarik, menjadi salah satu penyebab keruntuhan pada material batako. Pada pembebanan aksial, pemusatan tegangan berada di sisi-sisi dinding. Hal ini terjadi karena pemberian beban aksial dan reaksi tumpuan yang menekan dinding. Dinding seolah-olah menggebu dibagian sisi-sisi dinding. Sisi-sisi dinding mengalami tarik dan mengalami keruntuhan ketika tegangan tarik luar melebihi tegang tarik kapasitas batako. Pada pembebanan lateral, pemusatan tegangan berada di beberapa sisi dinding. Pada sisi terdekat beban, batako mengalami tegangan tarik. Sedangkan pada sisi terjauh beban, batako mengalami tegangan tekan. Dengan penambahan beban secara terus menerus, kenaikan tegangan tarik pada batako di sisi tarik akan ikut meningkat. Sisi tarik dinding akan mengalami keruntuhan terlebih dahulu karena kapasitas tegangan tarik batako yang telah terlampaui.

Acknowledgement

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas pendanaan pada penelitian ini yang bersumber dari dana Penelitian Hibah Bersaing BOPTN UNDIP Tahun Anggaran 2014 dengan Nomor DIPA:023.04.2.189185/2014, tanggal 05 Desember 2013

Daftar Pustaka

- Sabdono, P., et al., (2013), "Perbandingan hasil simulasi dan hasil uji kekuatan dinding dari batako tanpa plester dan tanpa perekat (btptp) tanpa tulangan pengencang untuk beban statis" *Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN 2013*, Vol. 2, ISBN 978-602-14272-0-0 pp. B68-B71.
- Casabbone, C., (1994), *General Description of Systems and Construction Practices*, ACI SP-147-02, pp. 21-55.
- Yamin, L.E. and Garcia, L.E., (1994), *Masonry Materials*, ACI SP-147-01, pp. 1-20.
- Meli, R. and Garcia, L.E., (1994), *Structural Design of Masonry Buildings: The Mexican Practice*, ACI SP-147-08, pp. 239-262.
- Garcia, L.E. and Yamin, L.E., (1994), *A Review of Masonry Construction in Colombia*, ACI SP-147-10, pp. 283-305.
- Gallegos, H., (1994), *Masonry in Peru*, ACI SP-147-11, pp. 307-331.
- Cavaleri, L., Miraglia, N. dan Papia, M. (2003), "Pumice concrete for structural wall panels," *Engineering Structures* Vol. 25, pp. 115-125.