

KARAKTERISTIK BATAKO-KAIT SEBAGAI ALTERNATIF DINDING PASANGAN

**Mochamad Teguh^{1*}, Suharyatma², Lalu Makrup³, Azmi Dwi Purnomo⁴,
Septa Pramadya Satria⁵**

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia,
Jl. Kaliurang KM. 14,5, Yogyakarta 55584
Email: m.teguh@uii.ac.id

ABSTRAK

Rumah sederhana yang dibangun secara konvensional-tradisional tanpa mempertimbangkan aspek teknis dalam desain strukturnya memiliki risiko tinggi terhadap kerusakan akibat suatu bencana alam. Dalam desain, dinding pasangan sering tidak diperhitungkan didalam menahan beban lateral dari gempa, karena dinding merupakan material getas tetapi tergantung dari material pembentuknya. Inovasi material pembentuk dinding menjadi hal yang sangat penting untuk mengatasi masalah ini. Dalam penelitian ini dibuat batako-kait dengan bentuk kait yang inovatif untuk diuji karakteristiknya. Pengujian dilakukan untuk menentukan kuat tekan, kuat lentur, kuat geser-lentur, kuat geser-murni, dan kuat geser-vertikal pada unit batako-kait. Sedangkan untuk pengujian yang kompleks terhadap kinerja struktural dinding pasangan batako-kait akibat beban lateral statis akan dilaporkan hasil-hasilnya dalam publikasi ilmiah mendatang. Diharapkan inovasi batako-kait dalam penelitian ini menghasilkan dinding pasangan batako-kait yang mampu menahan beban searah dan beban tegak lurus bidang dinding dan hasilnya dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kekuatan bangunan keseluruhan.

Kata kunci: batako-kait, rumah sederhana, tahan gempa, beban lateral statis

ABSTRACT

A non-engineered house which was conventionally built without considering an engineering aspect for its structural design has high risk on structural damage due to a natural disaster. In the design, the masonry wall is often not taken into account in the lateral load of earthquake, because the wall is a brittle material but depends on the molding material. An innovation on masonry walls becomes very important to solve this problem. In this study, interlocking concrete blocks were created by innovating hook forms and tested for their characteristics determination. The test was performed to determine the compressive strength, flexural strength, shear strength, pure shear strength, and vertical shear strength on interlocking concrete block units. As for the complex tests of the structural performance of masonry walls due to static lateral loads, the results will be reported in upcoming scientific publications. It is expected that the innovation of concrete block in this study produces a wall of interlocking concrete blocks that will be capable of withstanding in-plane and out of plane directions to the wall plane and the result contributes in increasing the overall strength of the building.

Keywords :interlocking concrete block, non-engineered house, earthquake resistant, static lateral load

PENDAHULUAN

Di dalam praktek mendesain struktur bangunan tahan gempa, dinding pasangan difungsikan sebagai penyekat ruang atau partisi dan diasumsikan sebagai elemen non-struktural yang tidak memberikan kontribusi kekuatan di dalam melawan gaya lateral

khususnya. Di dalam kenyataannya dinding sebenarnya memiliki kontribusi kekuatan di dalam menahan beban baik searah dinding (*in-plane direction*) maupun tegak lurus dinding (*out of plane direction*) meskipun kontribusinya tidak terlalu signifikan (Pasca dan Liberatore, 2015; Teguh, 2016; 2017). Kontribusi kekuatan dari dinding sangat dipengaruhi oleh kualitas material pembentuk dinding, cara pemasangan, bentuk unit bata/batako, dan keterampilan tukang. Khusus untuk dinding yang dibuat dari batako-kait tentunya akan memiliki kekuatan yang lebih besar. Kontribusi kekuatannya dipengaruhi oleh komposisi material pembentuk dinding, spesi sebagai perekat unit batako, bentuk kait, cara pemasangan, dan ketrampilan tukang. Pengaruh kontribusi kekuatan akan terlihat pasca kejadian gempa, dan secara visual dapat dilihat dari tipologi kerusakan dinding. Pasca suatu kejadian gempa sedang atau besar, dinding pasangan pada bangunan kemungkinan besar mengalami kerusakan dengan tingkat/level dan tipikal kerusakan berragam tergantung dari besar/kecil gaya gempa penyebabnya. Penelitian Teguh dan Makrup (2016) menunjukkan hasil perbandingan portal beton tanpa dan dengan diisi dinding pasangan di dalam menahan beban siklis. Kontribusi dinding pasangan bata lebih besar dibandingkan dengan dinding pasangan batako karena perbedaan kuat tekan dari kedua material tersebut. Demikian juga dinding pasangan yang diperbaiki dan diperkuat dengan lapisan kawat anyaman dalam plesteran pasca kerusakan akibat gempa, ternyata dinding tersebut memberikan kontribusi kekuatan yang cukup baik. Meskipun kekuatan dinding pasangan sering tidak diperhitungkan di dalam perhitungan struktur, akan tetapi kontribusi kekuatan tersebut dapat menambah angka keamanan dari bangunan tersebut secara keseluruhan akibat beban gempa (Jadhao, dan Pajgade, 2013). Menurut Elgwady dkk. (2002), tipikal kerusakan dinding pasangan dibedakan menjadi 3 mode, yaitu *shear mode*, *flexural mode*, dan *sliding mode*. Agar dinding pasangan memberikan kontribusi yang lebih besar lagi di dalam menahan beban searah dan tegak lurus dinding pasangan, maka diperlukan inovasi bentuk unit-batako yang memungkinkan memberikan kait sebagai fungsi dari sebuah sambungan yang dapat menahan dua arah beban (searah dan tegak lurus bidang). Dengan batako yang dikombinasi dengan kait diharapkan dapat memenuhi kebutuhan untuk dinding pada bangunan tahan gempa.

Sampai saat ini penelitian tentang dinding telah banyak dilakukan, namun sebatas pada perkuatan tambahan dan komposisi campuran bahan material serta mortarnya, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2016) mengenai dinding pasangan batu bata dengan perkuatan tali *strapping band*. Ali dan Chouw (2012) melakukan penelitian tentang batako-kait yang cukup kompleks bentuk kaitnya dan diberi 2 lubang arah vertikal. Karena kaitnya cukup kompleks ditambah 2 lubang, maka dimensi batako-kait menjadi lebih besar. Batako-

kait model ini terbukti mampu memberikan kontribusi kekuatan cukup di dalam menahan 2 arah beban (searah dan tegak lurus bidang) monoton. Secara garis besar masalah yang akan diteliti pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh terhadap kekuatan dari modifikasi bentuk biasa menjadi batako-kait. Dipilih batako sebagai material penyusun dinding karena batako lebih memiliki kekuatan tekan lebih besar dari pada batu bata atau material penyusun dinding lainnya, dan juga bentuknya yang relatif rapi, sehingga jika diinginkan tidak memerlukan plesteran pada pemasangannya.

Batako dalam penelitian ini dibuat dengan bentuk yang berbeda dari batako konvensional pada umumnya. Bentuk dari batako-kait ini unik karena dibuat sedemikian rupa, sehingga dapat berkait satu sama lain (*interlocking*) setelah dipasang pada dinding dan diharapkan mempunyai kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban gravitasi dan beban-beban lain seperti beban gempa. Sedangkan ukuran dari batako-kait ini sedikit berbeda dari batako pada umumnya karena kebutuhan untuk kait, namun tetap mengacu pada ukuran batako pada peraturan yang terdapat dalam Peraturan Umum Bahan Bangunan (PUBI) tahun 1982. Batako-kait yang dibuat di dalam penelitian ini menggunakan material dasar berupa: pasir, semen, dan abu batu sebagai pengisi dengan komposisi campuran tertentu.

Abu batu (*stone ash*) merupakan hasil dari pengolahan batu pecah yang menggunakan *stone crusher*. Abu batu saat ini merupakan hasil sampingan (limbah) dari industri pemecahan batu yang jumlahnya cukup banyak. Celik dan Marar (1996) menyatakan bahwa agregat halus yang dihasilkan dari lokasi *stone crusher* mengandung 17%-25% fraksi abu batu, sehingga abu batu memiliki volume produksi yang cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan-tambah (*admixture*) untuk campuran batako. Abu batu bersifat higroskopis dan memiliki kandungan silika yang cukup tinggi (Widodo, 2003), sehingga karakteristiknya sesuai untuk digunakan sebagai bahan-tambah pada campuran batako. Hal ini terjadi karena kandungan silika pada abu batu dapat mengikat material lain dengan baik. Disamping itu, ukuran abu batu yang kecil ($< 5\text{mm}$) dapat mengisi rongga pada campuran batako dengan baik. Di dalam penelitian akan dilakukan berbagai pengujian unit batako-kait dan unit dinding pasangan batako-kait. Pengujian tersebut meliputi pengujian kuat tekan mortar siar, kuat tekan material, kuat lentur, kuat geser-lentur, kuat geser-murni, kuat geser vertikal untuk unit batako.

METODE PENELITIAN

Sampel Penelitian

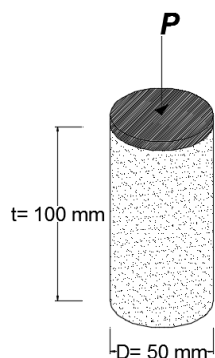
Pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, Universitas Islam Indonsia dan diuji di Laboraturium BKT, Universitas Islam Indonesia. Sampel batako-kait dibuat dengan inovasi pada kaitnya dan dengan dimensi 440 x 110 x 135 mm. Untuk komposisi campuran batako menggunakan 2 variasi campuran yaitu 1:8 (semen:pasir) dan campuran 1:8:1 (semen:pasir:abu-batu). Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 15 untuk masing-masing campuran batako seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel benda uji

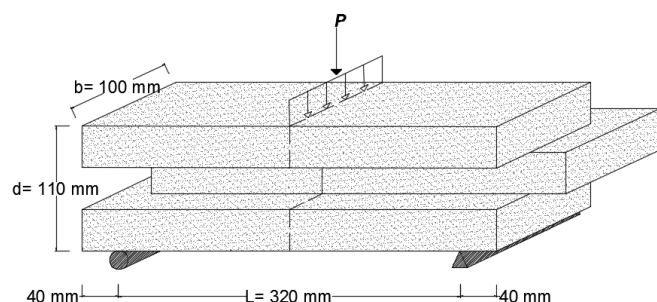
Kode	Variabel Pengujian	Dimensi (mm)	Jumlah Sampel Pengujian	
			Campuran 1:8	Campuran 1:8:1
T	Uji tekan material	d= 50 ; t= 100	3	3
L	Uji lentur	435 x 135 x 105	3	3
GL	Uji geser-lentur		3	3
GM	Uji geser-murni		3	3
GV	Uji geser-vertikal		3	3

Pengujian Benda Uji

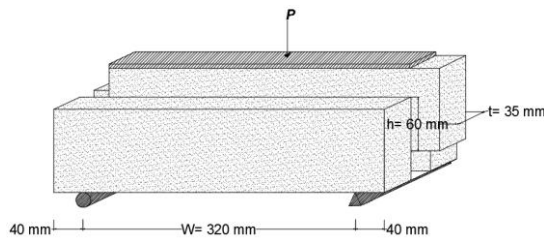
Pengujian benda uji dilakukan setelah berumur 28 hari. Pengujian terdiri dari pengujian kuat tekan material batako-kait, kuat lentur, kuat geser lentur, kuat geser murni dan kuat geser vertikal. Masing-masing pengujian dilakukan menggunakan batako-kait dengan variasi campuran tanpa abu batu dan menggunakan abu batu. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk material batako dan mortar (Gambar 1). Pengujian unit batako-kait dilakukan untuk menentukan kuat lentur (Gambar 2), kuat geser-lentur (Gambar 3), kuat geser murni (Gambar 4), dan kuat geser vertikal (Gambar 5).



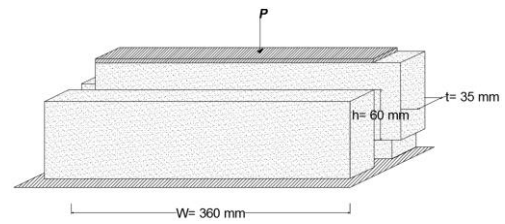
Gambar 1. Benda uji kuat tekan material



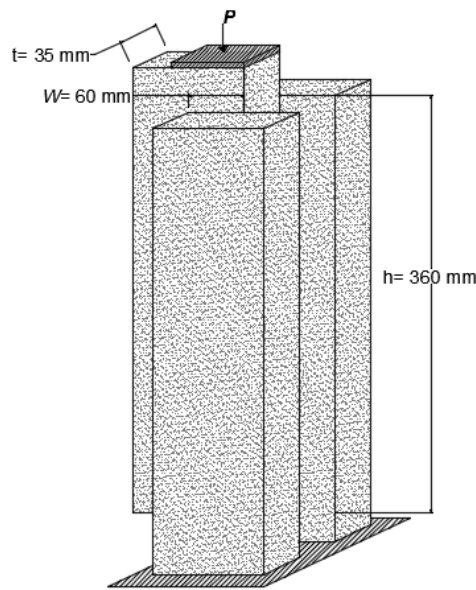
Gambar 2. Benda uji kuat lentur



Gambar 3. Benda uji kuat geser-lentur



Gambar 4. Benda uji kuat geser-murni



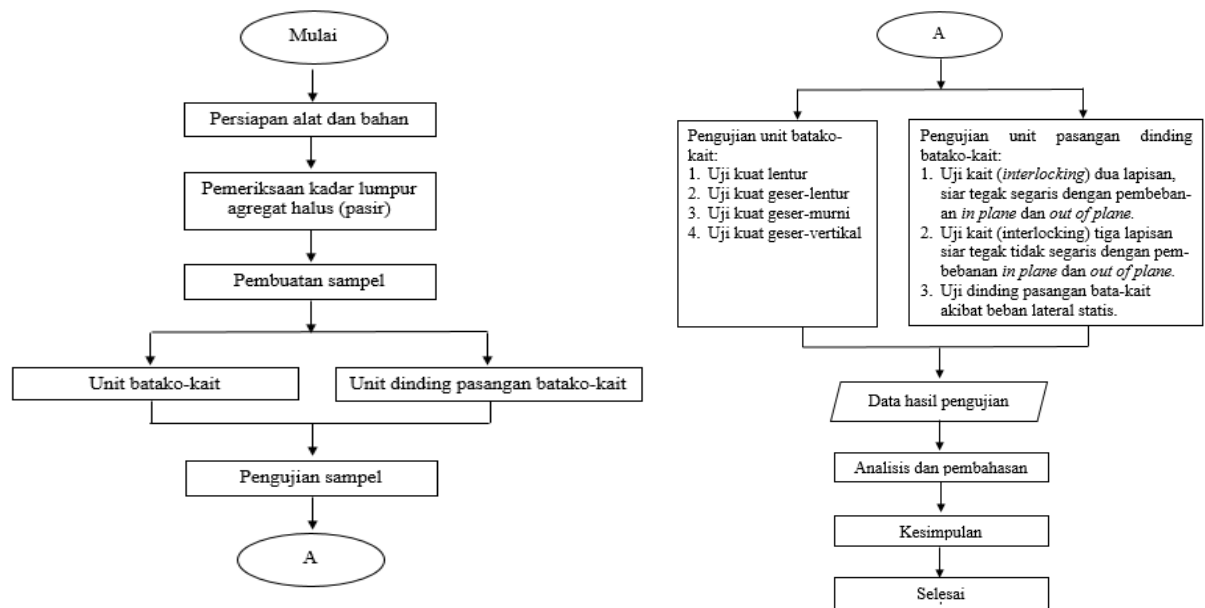
Gambar 5. Benda uji kuat geser vertikal

Peralatan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal dan valid, maka diperlukan peralatan yang digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan pembuatan dan pengujian terhadap bahan maupun benda uji atau sampel yang digunakan. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan bantu dan mesin-uji, antara lain: ayakan/saringan, timbangan, oven, talam baja, gelas ukur, cetok, kaliper, cetakan kubus kecil, cetakan batako, gerinda, mesin pengaduk, *universal testing machine*, *crane*, *loading frame*, *hydraulic jack*, *load cell*, komputer, dan *portable data logger*.

Alur Penelitian

Alur penelitian disusun dan dirinci di dalam bentuk bagan alir atau *flow chart* yang tampak seperti pada Gambar 6.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Unit Batako-kait

Dari hasil pengujian unit batako-kait yang ada, kemudian dilakukan rekapitulasi data yang bertujuan untuk membandingkan dengan hasil pengujian unit batako-kait tipe-A dengan campuran 1:8 (semen:pasir) dan tipe-B dengan campuran 1:8:1 (semen:pasir:abu-batu), sehingga dapat diketahui perbedaan kekuatan dan karakteristiknya. Rekapitulasi hasil pengujian kedua jenis batako-kait diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik unit batako-kait

Komposisi Campuran	Jenis Pengujian	Beban Maksimum (N)	Kekuatan Maksimum (MPa)	Rerata (MPa)
1:8 (semen : pasir)	Kuat tekan material	27.271,80	13,569	13,272
	Kuat lentur	9.466,65	3,530	2,960
	Kuat geser-lentur	42.428,25	4,417	3,284
	Kuat geser-murni	172.656,00	3,938	3,481
	Kuat geser-vertikal	59.252,40	1,321	1,208
1:8:1 (semen:pasir:abu batu)	Kuat tekan material	11.673,90	5,886	5,182
	Kuat lentur	8.338,50	3,268	2,265
	Kuat geser-lentur	11.772,00	0,970	0,760
	Kuat geser-murni	149.112,00	3,429	2,086

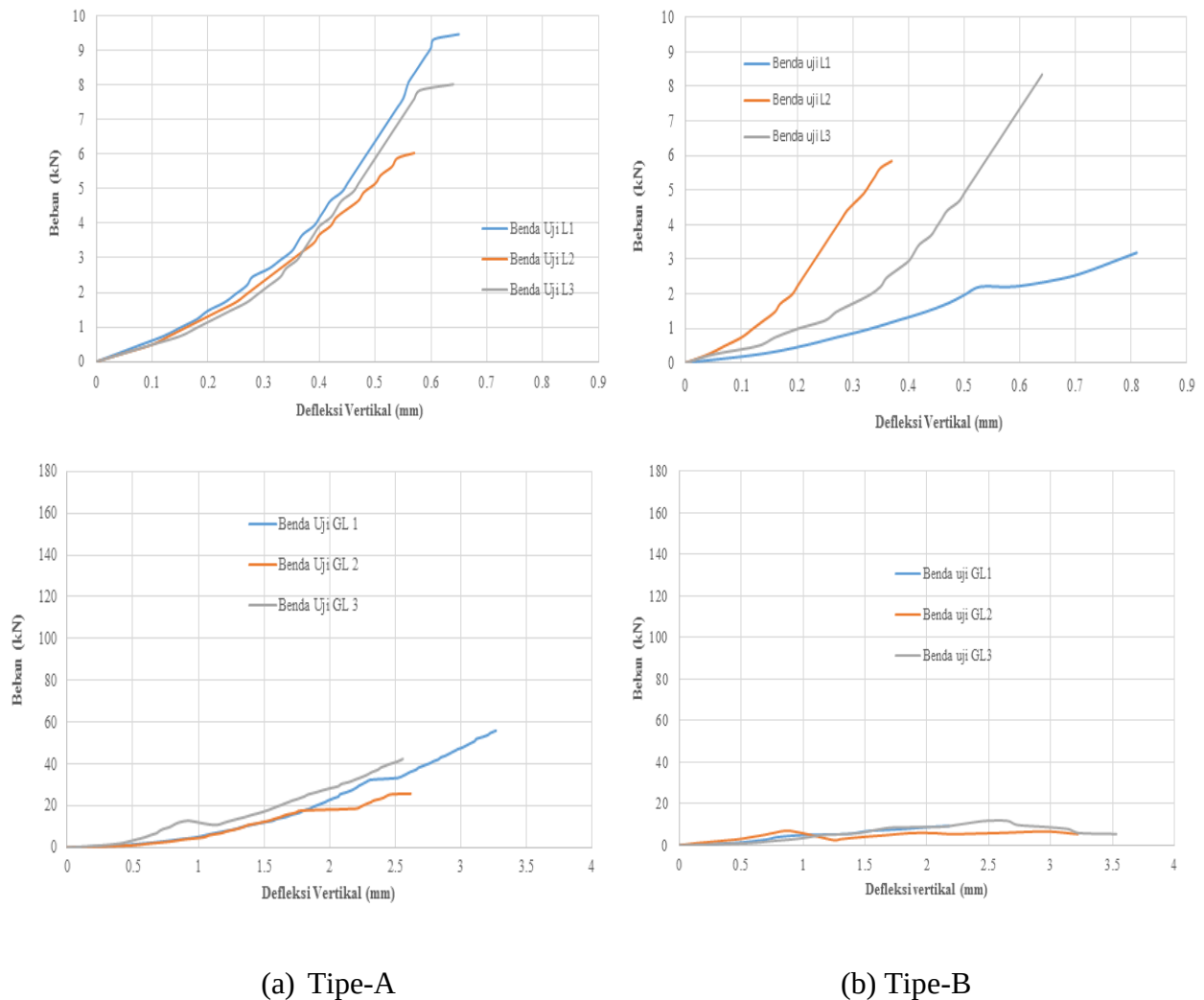
	Kuat geser-vertikal	27.418,95	0,876	0,705
--	---------------------	-----------	-------	-------

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan unit batako-kait campuran campuran 1:8 (semen:pasir) jauh lebih baik dibanding unit batako-kait campuran 1:8:1 (semen:pasir:abu batu) pada semua jenis pengujian. Hal tersebut dipengaruhi oleh penambahan abu batu pada salah satu jenis batako-kait yang tidak diikuti dengan penambahan kadar air pada proses pembuatannya, sehingga semen tidak dapat bereaksi dengan maksimal dikarenakan daya serap abu batu terhadap air yang cukup besar. Tetapi kedua jenis unit batako-kait memenuhi persyaratan PUBI-1982 berdasarkan nilai kuat tekannya, yang mana batako-kait campuran 1pc : 8ps termasuk batako Kelas A dan batako-kait campuran 1pc : 8ps :1 abu batu termasuk batako Kelas C. Hasil yang ditampilkan dalam makalah ini merupakan hasil-hasil awal dan masih terbatas pada pengujian unit batako-kait, sedangkan pengujian kait pada unit batako-kait tersusun dalam dua baris dan tiga baris untuk mekanisme pembebanan searah dan tegak lurus serta pengujian geser pada dinding pasangan akibat beban lateral, dan beban diagonal diagonal masih dalam proses. Pengujian unit batako-kait ini masih terbatas pada pengujian antara lain: lentur, geser-lentur, geser-murni, dan geser vertikal. Hasil-hasil ini ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara beban dan lendutan/defleksi untuk setiap benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing tipe batako-kait.

Hubungan Beban dan Defleksi

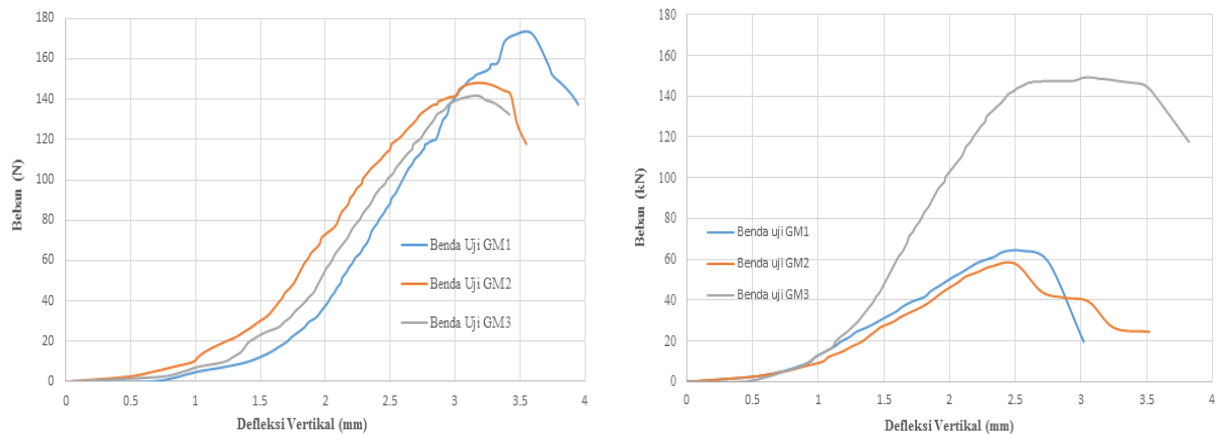
Setiap pengujian benda uji dicatat setiap defleksi/lendutan dan kenaikan beban sampai mengalami keruntuhan dan beban pada kondisi puncak. Hasil dari hubungan beban dan defleksi dapat dilihat pada Gambar 7-10. Grafik 7 memperlihatkan bahwa kuat lentur unit batako-kait untuk 2 tipe campuran yang berbeda. Batako-kait tipe-A ternyata memberikan hasil kuat lentur lebih seragam dan ada kedekatan perilaku dibandingkan dengan tipe-B, hanya saja ketiga sampel menghasilkan kuat tekan yang berbeda. Kondisi ini kemungkinan besar disebabkan oleh pemadatan yang kurang merata karena sifatnya manual dan kurang terukur. Kekuatan batako-kait tipe-B memiliki disparitas yang besar antar satu dengan sampel yang lainnya. Penggunaan campuran abu batu ternyata tidak memberikan kontribusi kekuatan yang signifikan bahkan cenderung sangat kecil. Kelebihannya penggunaan abu batu adalah permukaan batako-kait lebih halus, sehingga lebih cocok untuk dinding pasangan yang diekspose (tanpa plesteran). Kuat lentur-geser unit batako-kait tipe-A tetap memberikan

kekuatan jauh lebih tinggi dibandingkan tipe-B (Gambar 8). Kuat lentur-geser unit batako tipe-B hanya kira-kira seperempat dari tipe-A.

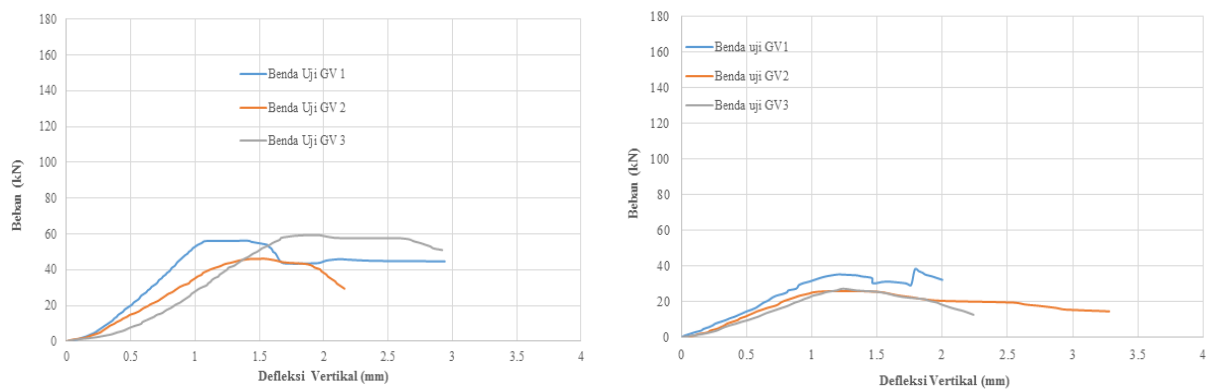


Gambar 8. Grafik kuat geser-lentur unit batako-kait

Demikian juga pada pengujian geser murni (Gambar 9) dan geser vertikal (Gambar 10) memberikan kekuatan yang tidak terlalu besar (Tabel 2). Secara umum campuran material murni (tanpa abu batu) memiliki kekuatan yang relatif seragam dibandingkan dengan material dengan tambahan abu batu. Permasalahan utama terletak pada pemadatan yang kurang sempurna atau kurang padat. Oleh karena itu, apabila dikehendaki kekuatan unit batako lebih besar sebaiknya volume pasir bisa dikurangi komposisi campurannya, misal memakai perbandingan volume 1PC : 5-6PS tetapi tidak direkomendasi mensubstitusikan abu batu yang berlebihan. Selain faktor pemadatan, perawatan benda uji juga perlu diperhatikan, termasuk pelaksanaan pengujian harus benar-benar tepat posisinya.



Gambar 9. Grafik kuat geser-murni unit batako-kait



(a) Tipe-A

(b) Tipe-B

Gambar 10. Grafik kuat geser-vertikal unit batako-kait

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Pada pengujian kuat tekan material, batako-kait dengan campuran 1:8 (semen:pasir) masuk ke dalam kelas A menurut standar PUBI-1982, sedangkan untuk batako dengan campuran 1:8:1 (semen:pasir:abu batu) masuk ke dalam kelas C.
2. Untuk pengujian kuat lentur, kuat geser-lentur, kuat geser murni dan kuat geser vertikal pada batako-kait dengan campuran 1:8 (semen:pasir) memiliki kekuatan yang jauh lebih besar dan tren kekuatan dari 3 sampel cukup berdekatan dibandingkan dengan batako-kait dengan campuran 1:8:1 (semen:pasir:abu batu), yang mempunyai tren berbeda-beda di antara 3 sampel yang diuji.

3. Dari hasil grafik hubungan beban-defleksi, antara batako-kait dengan campuran yang berbeda, memiliki karakteristik yang tidak sama dan apabila digunakan pada dinding pasangan akan memiliki kekuatan dan daktilitas yang berbeda di dalam menahan beban.
4. Meskipun beban yang dicapai menunjukkan perbedaan yang signifikan, tetapi defleksi maksimum yang tercapai nilainya relatif berdekatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Islam Indonesia, yang mendanai penelitian unggulan ini tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Chouw, N., 2012, Capacity of innovative interlocking blocks under monotonic loadings, *Construction and Building Materials*, Vol. 37 (2012), pp. 812–821.
- Triwiyono, A., 2011, Analisis Tegangan Regangan & Deformasi, Bahan Ajar, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anonim, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982)*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Anonim, 1996, *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Balok Uji Sederhana Yang Dibebani Terpusat Langsung (SNI 03-4154-1996)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Anonim, 2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil (SNI 03-6825-2002)*, Departemen Pekerja Umum, Bandung.
- Arman, M. dan Rosy, L. 1998, Perilaku Abu Batu sebagai Material Pengisi Celah pada Perkerasan Interlocking Block, *Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Celik, T. dan Marar, K. 1996, Effect of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol.26 No.7, Pergamon.
- Elgwady, M. A., Lestuzzi, P., Badoux, M., 2002, Dynamic In-Plane Behavior of URM Wall Upgraded with Composites, the 3rd International Conference on Composites in Infrastructure, ICCI'02, At San Francisco, Ca, USA.
- Jadhao, V., P. and Pajgade, P. S., 2013, “Influence of masonry infill walls on seismic performance of RC framed structures: a comparison of AAC and conventional brick

- infill," International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol. 2, no. 4, pp. 148-153, April 2013.
- Pasca, M. and Liberatore, L., 2015, Predicting models for the evaluation of out-of-plane ultimate load carrying capacity of masonry infill walls, WIT Transactions on the Built Environment, vol. 152, pp. 83-94, 2015.
- Teguh, M. dan Makrup, L., 2016, *Desain Model Rumah Sederhana Parcetak Tahan Gempa dan Pengembangan Metode Perbaikan pada Kerusakan Pasca Gempa*, Laporan penelitian Hibah Kompetensi (2014-2016), Direktorat Riset dan Pengabdian pada Masyarakat, Kemristekdikti, Jakarta.
- Teguh, M., 2016, Structural Behaviour of Precast Reinforced Concrete Frames on a Non-engineered Building Subjected to Lateral Loads, International Journal of Engineering and Technology Innovation, Vol. 6, No. 2, April, Indexed by Scopus, DOAJ Index, and Impact Factor, pp. 152-164.
- Teguh, M., 2017, Experimental Evaluation of Masonry Infill Walls of RC Frame Buildings subjected to Cyclic Loads, SCESCM 2016, Procedia Engineering, Science Direct, Volume 171, pp. 191-200.