

UJI GESER DIAGONAL PADA DINDING PASANGAN BATAKO-KAIT BERDASARKAN STANDAR ASTM E519-02-2002

Furqon Widi Rivai¹, Mochamad Teguh².

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: furqonrivai@students.uii.ac.id

² Guru Besar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: m.teguh@uui.ac.id

Abstrak : Pasca bencana, masyarakat Indonesia sering hanya terfokus memperkuat komponen-komponen struktur rumahnya seperti kolom, balok, dan pelat, sehingga tidak memperhatikan komponen lainnya. Padahal jika diamati pada saat terjadinya gempa bumi, para korban jiwa yang meninggal tersebut adalah mereka yang tertimpa puing-puing dari reruntuhan atap dan dinding. Di lapangan banyak ditemukan jenis dinding rumah-rumah yang ada di Indonesia merupakan dinding pasangan batako. Bentuk batako dalam penelitian ini dibuat berbeda dengan batako konvensional biasa pada umumnya, yaitu batako-kait. Inovasi yang dilakukan pada penelitian ini terletak pada panjang kait batako, campuran mortar dengan serbuk kaca, serta metode konstruksi pemasangan dinding. Suatu dinding ketika dirancang idealnya memiliki kekuatan tekan dan geser agar dapat menahan beban dinding itu sendiri apabila terjadi kerusakan akibat gempa bumi, sehingga tidak terjadi retakan (*crack*) yang dapat memicu kerusakan lebih lanjut pada dinding. Pengujian geser diagonal dalam penelitian ini dilakukan pada dinding pasangan batako-kait tipe *reinforced concrete frame infill masonry wall* maupun tipe *confined masonry wall* serta pengujian kuat tekan. Pengujian geser diagonal didasarkan pada pedoman ASTM E519-02-2002. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kuat geser rerata dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan: dinding tipe *reinforced concrete frame infill masonry wall* sebesar 0,462 MPa dan untuk tipe *confined masonry wall* sebesar 0,607 MPa. Sedangkan untuk kuat geser dinding pasangan batako-kait tanpa perkuatan yaitu sebesar 0,459 MPa. Kemudian untuk nilai kuat tekan dinding pasangan batako-kait yaitu sebesar 1,446 MPa.

Kata Kunci : *Gempa Bumi, Batako-Kait, Serbuk Kaca, Dinding, Kuat Geser Diagonal.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kejadian bencana gempa bumi di Indonesia merupakan peristiwa yang sering terjadi. Hal ini disebabkan karena Negara Indonesia terletak pada cincin api atau *ring of fire*, sehingga aktivitas vulkanik menjadi sangat potensial menimbulkan bencana gempa.

Permasalahan yang terjadi di Indonesia ini adalah pasca gempa masyarakat Indonesia sering terfokus hanya memperkuat komponen-komponen struktur rumahnya seperti kolom, balok, dan pelat saja, sehingga tidak memperhatikan komponen

lainnya. Padahal jika diamati pada saat terjadinya gempa bumi, para korban jiwa yang meninggal tersebut adalah mereka yang tertimpa puing-puing dari reruntuhan atap dan dinding. Menurut Pranata, dkk (2013) pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan karena fungsi dinding sebagai komponen non-struktural dalam peraturan tingkat nasional (SNI 2847-2013).

Saat ini, komponen penyusun dinding tidak hanya dari bata yang terbuat dari tanah liat, tetapi juga terbuat dari bata beton atau yang lebih dikenal dengan batako. Pada saat ini sering ditemukan jenis dinding rumah-

rumah yang ada di Indonesia merupakan dinding pasangan batako.

Adapun bentuk batako dalam penelitian ini dibuat berbeda dengan batako konvensional biasa pada umumnya. Jika pada umumnya batako konvensional tidak mempunyai bagian yang menonjol pada salah satu atau lebih sisinya, maka pada penelitian ini pada batako terdapat bentuk batako-kait yang dibuat menonjol pada sisinya. Hal ini bertujuan untuk membuat kait antar satu batako dengan batako yang lainnya, sehingga batako ini disebut dengan batako-kait. Batako-kait ini ketika dipasang pada dinding mempunyai sifat mengunci satu dengan yang lainnya (*interlocking*), sehingga memiliki kekuatan yang lebih besar dalam menahan gaya-gaya dari luar seperti gaya geser akibat gempa.

Inovasi dalam penelitian ini yaitu terletak pada panjang kait batako yang dibuat menjadi lebih pendek. Jika pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Teguh dkk (2017) panjang batako yang menonjol keluar atau yang disebut dengan kait adalah sebesar 3,5 cm, maka dalam penelitian ini kait diperpendek menjadi 2,5 cm. Selain itu inovasi juga terdapat pada campuran mortar yang digunakan. Menurut Sutrisno (2017), penggantian 5% agregat halus dengan serbuk kaca dalam campuran mortar dapat meningkatkan kuat desak rerata mortar sampai 23,75%. Sebelum di campur menjadi mortar, serbuk kaca dibakar terlebih dahulu sampai suhu 700 °C.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan dan tanpa perkuatan menggunakan standar ASTM E519-02-2002. Perkuatan tersebut terbuat dari beton bertulang yang mengelilingi ke empat sisi-sisi dinding pasangan batako-kait. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Teguh (2016), metode konstruksi pemasangan dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan terbagi menjadi dua. Pertama adalah dengan cara membuat terlebih dahulu dindingnya, kemudian setelah dinding tersebut selesai

baru dilakukan pengecoran di sekeliling dinding dengan menggunakan beton. Metode ini dikenal dengan nama *confined masonry*. Kedua adalah dengan cara membuat terlebih dahulu perkuatan beton bertulang. Selanjutnya jika perkuatan tersebut sudah selesai dibuat, maka bahan penyusun dinding yang berupa bata ataupun batako dipasang didalam perkuatan tersebut. Metode ini dikenal dengan nama *reinforced concrete frame infill masonry*. Perbedaan metode konstruksi ini berpengaruh pada kekuatan geser dinding, sehingga perlu dilakukan penelitian geser diagonal dalam penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka ditentukan rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Berapakah kuat tekan mortar khusus yang terbuat dari campuran semen, pasir dan serbuk kaca, yang digunakan sebagai bahan perekat antar batako-kait?
2. Berapakah kuat geser diagonal dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan (*confined masonry wall*)?
3. Berapakah kuat geser diagonal dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan (*reinforced concrete infill masonry wall*)?
4. Berapakah kuat geser diagonal dinding pasangan batako-kait tanpa perkuatan?
5. Berapakah nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dinding pasangan batako-kait?

1.3 Tujuan Penelitian

Dilihat dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menentukan kuat tekan mortar khusus yang terbuat dari campuran semen, pasir dan serbuk kaca, yang digunakan sebagai bahan perekat antar batako-kait.
2. Untuk menentukan nilai kekuatan geser diagonal dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan (*confined masonry wall*).

3. Untuk menentukan nilai kekuatan geser diagonal dinding pasangan batako-kait dengan perkuatan (*reinforced concrete frame infill masonry wall*).
4. Untuk menentukan nilai kekuatan geser diagonal dinding pasangan batako-kait tanpa perkuatan.
5. Untuk menentukan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dinding pasangan batako-kait.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut ini.

1. Memahami bagaimana karakteristik dari batako-kait.
2. Menentukan berapa nilai kuat geser diagonal dinding batako-kait dengan metode konstruksi yang berbeda.
3. Memahami kinerja dinding pasangan batako-kait akibat gaya geser diagonal dan gaya tekan, sehingga dapat menjadi acuan dalam pemasangan dinding pasangan batako-kait khususnya untuk rumah sederhana tahan gempa.

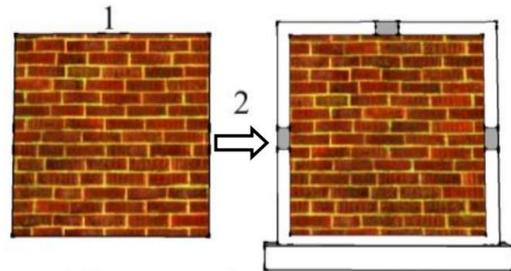
1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

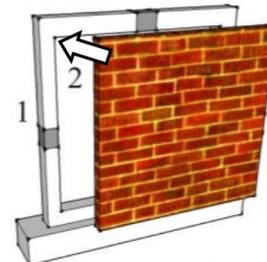
1. Benda uji dan pengujian mengacu pada *American Society for Testing and Materials* (ASTM E519-02 tahun 2002).
2. Semen yang digunakan adalah Portland Cement (PC) tipe 1 merk Tiga Roda.
3. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan berasal dari Sungai Progo.
4. Serbuk kaca yang digunakan merupakan butiran yang lolos saringan nomor 200 dan telah melalui proses pembakaran sampai suhu 600 °C.
5. Komposisi perbandingan bahan penyusun batako yaitu 1 PC : 8 PS.
6. Mortar yang dipakai mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sutrisno pada tahun 2017 yaitu mortar khusus yang terbuat dari campuran serbuk kaca, semen, dan pasir. Komposisi mortar terdiri dari perbandingan 1 PC :

4 PS. Kemudian sebanyak 5% pasir dalam komposisi tersebut disubstitusi dengan serbuk kaca, menggunakan FAS 0,5.

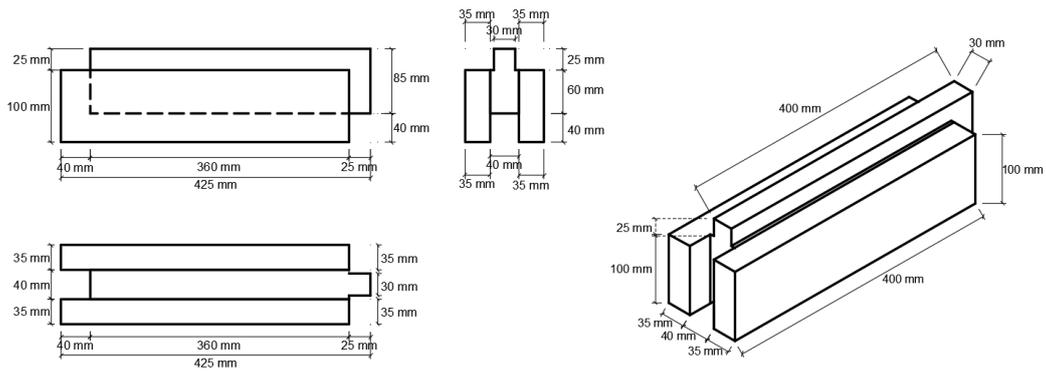
7. Pengujian geser diagonal menggunakan 9 buah benda uji, yaitu dinding tanpa perkuatan dan dinding dengan perkuatan.
8. Pengujian dinding dengan perkuatan dibagi lagi menjadi dua, yaitu *confined masonry* dan *reinforced concrete frame infill masonry* yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.
9. Dimensi unit batako-kait adalah 425 mm x 125 mm x 110 mm, seperti pada Gambar 3.
10. Dimensi dinding pasangan batako-kait yang digunakan untuk pengujian geser diagonal dengan dan tanpa perkuatan yaitu 1200 mm x 1200 x 110 mm sesuai dengan standar ASTM E519-02-2002, seperti pada Gambar 4.
11. Dimensi *frame* beserta penulangannya mengacu pada SNI 2847-2013.
12. Dimensi dinding pasangan batako-kait yang digunakan untuk pengujian tekan yaitu 500 mm x 500 mm x 110 mm, seperti pada Gambar 5.



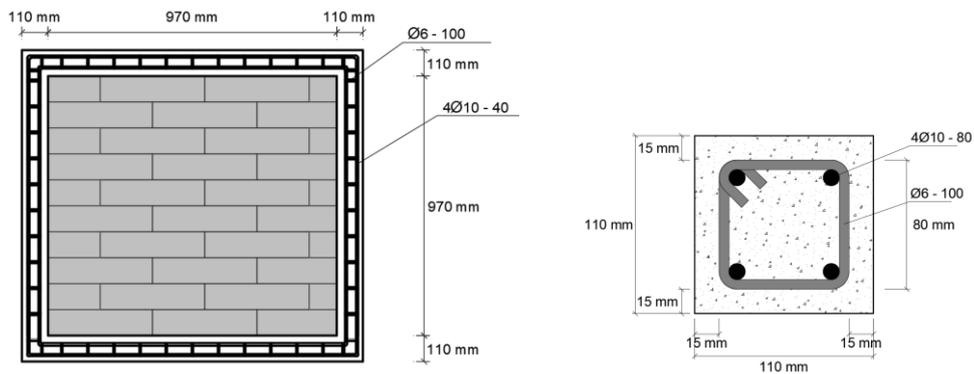
Gambar 1 Dinding Batako dengan Metode *Confined Masonry*



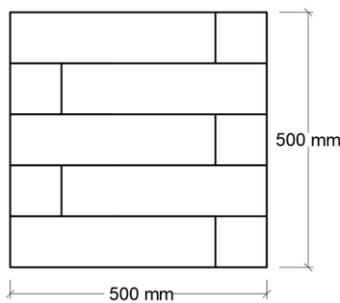
Gambar 2 Dinding Batako dengan Metode *Reinforced Concrete Frame Infill Masonry*



Gambar 3 Dimensi dan Perspektif Batako-Kait



Gambar 4 Benda Uji Dinding Pasangan Batako dengan Perkuatan untuk Pengujian Geser Diagonal dan Detail Penulangan *Frame*



Gambar 5 Benda Uji Dinding Pasangan Batako untuk Pengujian Tekan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian serupa mengenai dinding-dinding pasangan batako ini sudah pernah dilakukan sebelumnya di laboratorium. Penelitian tersebut dilakukan oleh Kusumastuti dkk (2012), Hariono dkk, (2016) dan Teguh dkk (2018). Hasil dan kesimpulan dari beberapa penelitian tersebut dijadikan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini.

Penelitian Kusumastuti (2012) membahas tentang pengujian secara tipikal dinding *confined masonry* yang diberikan

pembebanan siklik lateral. Percobaan ini dilakukan untuk mengevaluasi perilaku dinding struktur *confined masonry* ketika menerima beban gempa. Adapun parameter yang dievaluasi pada penelitian ini adalah pola keretakan, mekanisme kehancuran dinding, serta daktilitas dinding. Penelitian ini menjelaskan pola keretakan pada awal pembebanan dinding. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa struktur yang diuji mampu bertahan sampai 3,5% tanpa keruntuhan. Dinding *masonry infill walls* pada pengujian ini memang disiapkan untuk

menahan kekuatan yang signifikan dan tingkat daktilitas yang tinggi, sehingga menambah performa dari struktur dinding tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini juga dilakukan *detailing* sambungan sambungan pada dinding untuk mencegah terjadinya bahaya keretakan dinding pada saat diuji. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa sebuah struktur yang dibangun berdasarkan standar yang berlaku menghasilkan kinerja yang memuaskan ketika dikenakan beban, seperti beban gempa.

Penelitian Hariono dkk (2016) membahas tentang perbandingan model kekuatan dinding terhadap model normal dinding dalam menentukan *confined masonry*. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian eksperimental dan analisis numerik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian eksperimental lateral siklik skala penuh. Adapun aspek yang dianalisis dari hasil penelitian ini adalah kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 3 buah yaitu model konvensional (model K), model kekuatan horizontal (model H), dan model kekuatan diagonal (model D). Benda uji model konvensional (model K) merupakan tipikal struktur *confined masonry* untuk bangunan rumah yang ada di lapangan. Benda uji model kekuatan horizontal (H) adalah sistem *confined masonry* yang dilengkapi dengan tambahan kekuatan tulangan horizontal. Perkuatan dengan tulangan horizontal ini dipasang dengan cara melilitkan sling baja ke perimeter *confine masonry* dengan pengulangan ke arah vertikal. Setiap pengulangan horizontal ini di kunci dengan klem penjepit. Perkuatan ini bertendensi meningkatkan kinerja aspek kekuatan dan daktilitas pada bidang *in-plane*. Selain itu juga menambah kekuatan dalam mengatasi *out of plane bending*. Sling yang digunakan berdiameter 4 mm, yang dipasang pada benda uji setelah dinding bata dan frame pengekang terbangun. Setelah sling terpasang, benda uji kemudian diplester. Metode ini bisa digunakan untuk memperkuat *confined*

masonry existing di lapangan. Benda uji model kekuatan diagonal (model D) menggunakan tambahan kekuatan tulangan horizontal sebanyak dua buah sling di tengah bentang *tie-column* dan diperkaku sling arah diagonal. Metode ini juga bisa digunakan untuk memperkuat *confined masonry existing* di lapangan.

Teguh dkk (2018) telah melakukan pengujian unit batako-kait untuk mengetahui nilai kuat geser-vertikal, kuat geser-lentur, kuat geser-murni, dan kuat lentur. Selain itu di dalam pengujian ini juga dilakukan pengujian kekuatan kait (*interlocking*) dari batako itu sendiri dengan berbagai kombinasi susunan batako, dan siar dari pasangan dinding batako tersebut. Dalam pengujian *interlocking* juga diberikan variasi pembebanan pada dinding, yaitu pembebanan searah bidang dinding (*in-plane*) dan tegak lurus bidang dinding (*out of plane*).

3. LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Menurut pasal 18 PUBI 1982, batu cetak beton atau batako adalah batu cetak (berlubang atau pejal) yang dibuat dari campuran semen portland, dan agregat halus yang sesuai serta diperuntukkan bagi pembuatan konstruksi-konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban, maupun yang tidak memikul beban.

3.2 Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002, mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), air dan semen portland dengan komposisi tertentu. Mortar sering juga disebut siar atau spesi, yang umum digunakan untuk merekatkan pasangan bata, pasangan batako, merekatkan antar agregat, plesteran pada dinding dan lain sebagainya.

3.3 Serbuk Kaca

Menurut Sutrisno (2017), penggantian 5% agregat halus dengan serbuk kaca dalam campuran mortar dapat meningkatkan kuat

desak rerata mortar sampai 23,75%. Serbuk kaca diperoleh dari botol-botol bekas yang dihancurkan menggunakan mesin abrasi kemudian disaring dengan ayakan nomor 200 sehingga dihasilkan partikel yang halus, setelah itu serbuk kaca kemudian dibakar sampai suhu 700 °C. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan campuran mortar dengan serbuk kaca sebagai bahan inovasi.

3.4 Kerangka Beton Praktis

Menurut SNI 2847-2013 pasal 2.2 mendefinisikan beton bertulang adalah beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan non-prategang minimum yang diterapkan dalam pasal 1 sampai 21 dan Lampiran A sampai C pada SNI 2847-2013. Beton bertulang terbuat dari gabungan antara beton dan tulangan baja. Oleh karena itu, beton bertulang memiliki sifat yang sama seperti bahan-bahan penyusunnya yaitu sangat kuat terhadap beban tekan.

3.5 Pengujian Kuat Geser Diagonal

Pengujian geser dinding adalah meliputi penentuan kuat tarik diagonal atau geser sepanjang sumbu diagonal dalam posisi vertikal, sehingga menyebabkan keruntuhan tarik diagonal yang sejajar terhadap arah pembebanan.

Sesuai dengan ASTM E519-02-2002 rumus kuat geser adalah sebagai berikut.

$$S_s = \frac{0,707 \times P}{A_n} \quad (1)$$

$$A_n = \frac{(w+h)}{2} \times t \times n \quad (2)$$

dengan : S_s = kuat geser (MPa), P = beban maksimum (N), A_n = Luas area desak (mm^2), w = lebar benda uji (mm), h = tinggi atau panjang diagonal benda uji (mm), t = tebal benda uji (mm), dan n = persen daerah bruto yang padat, $n = 1$.

3.6 Pengujian Kuat Tekan Dinding dan Modulus Elastisitas

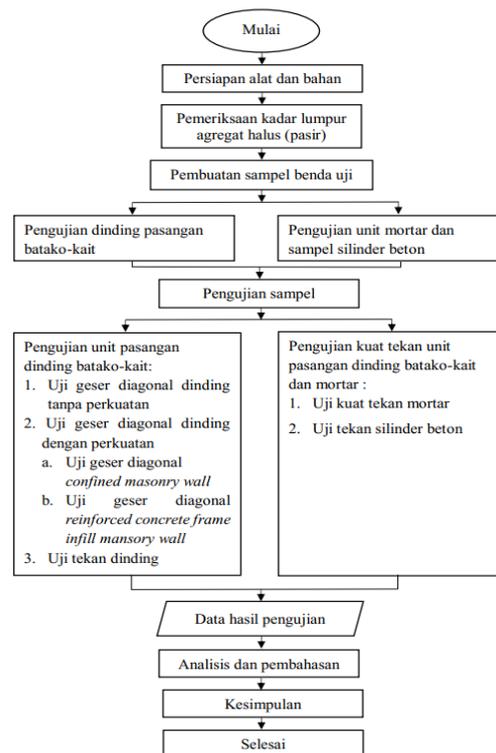
Kuat tekan dinding adalah gaya yang bekerja pada pasangan dinding per satuan luas penampang dinding yang tertekan. Nilai kuat tekan pasangan dinding dapat dihitung dengan persamaan 3 seperti berikut.

$$f'k = \frac{Pu + W}{B \times b} \quad (3)$$

dengan : $f'k$ = kuat tekan pasangan dinding (MPa), P_u = beban maksimum (N), B = lebar benda uji (mm), b = tebal benda uji (mm), dan W = berat alat bantu (N)

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, sedangkan komponen utama penyusun dinding yaitu berupa batako kait dibuat di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, Universitas Islam Indonesia. Batako kait dibuat dengan cara press manual. Proses penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* berikut.



Gambar 5 Flowchart Proses Penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Properties Agregat

Pengujian agregat diperlukan untuk mengetahui kualitas agregat yang digunakan dalam penelitian ini apakah memenuhi spesifikasi atau tidak. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Properties* Agregat

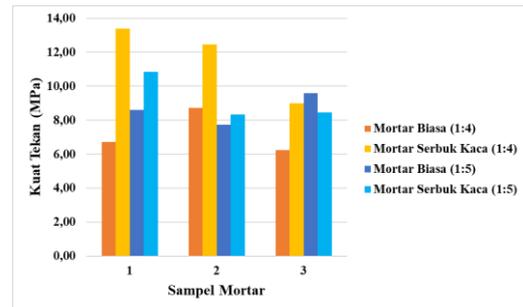
No	Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis (SSD) (gr/cm ³)	2,632	2,677
2	Berat Isi Gembur (gr/cm ³)	1,284	1,265
3	Berat Isi Padat (gr/cm ³)	1,586	1,505
4	Modulus Halus Butir	2,583	7,331
5	Kadar Lumpur (%)	1,300	0,750

Berdasarkan hasil pengujian *properties* agregat yang berasal dari Kulonprogo dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat halus dan kasar masuk dalam kriteria, yaitu antara 2,5 sampai 2,7.
2. Berat isi gembur dan padat masuk dalam kriteria yaitu antara 1,2 sampai 1,6.
3. Modulus Halus Butir agregat halus masuk dalam kriteria, yaitu 1,5 sampai 3,8 yang tergolong pasir agak kasar dan agregat kasar juga masuk dalam kriteria yaitu 5,0 sampai 8,0 dengan ukuran butiran maksimum 40 mm.
4. Kadar lumpur agregat halus dan kasar juga memenuhi kriteria. Kriteria kadar lumpur agregat halus yaitu maksimal 5%, sedangkan untuk agregat kasar maksimal 1%.

5.2 Kuat Tekan Mortar

Mortar dalam penelitian ini berfungsi sebagai bahan perekat antar batako-kait. Oleh karena itu dibutuhkan pengujian kuat tekan mortar untuk mengetahui kualitas mortar yang digunakan. Hasil pengujian kuat tekan mortar biasa dan mortar dengan campuran serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Perbandingan Variasi Kuat Tekan Mortar

Dari hasil pengujian menunjukkan mortar biasa dengan perbandingan 1PC : 5PS menghasilkan kuat tekan rerata sebesar 8,64, sedangkan mortar biasa dengan perbandingan 1PC : 4PS menghasilkan kuat tekan rerata sebesar 87,24 MPa.

Berbeda dengan mortar campuran serbuk kaca yang dihancurkan dan disaring dengan saringan *mesh* nomor 200 kemudian dioven sampai dengan suhu 600 °C menghasilkan kuat tekan rerata sebesar 9,21 MPa untuk perbandingan 1PC : 5PS, sedangkan mortar dengan perbandingan 1PC : 4PS menghasilkan kuat tekan rerata sebesar 11,62 MPa. Hal ini menunjukkan penambahan kuat tekan dari mortar biasa sebesar 6,597% untuk mortar dengan perbandingan 1PC : 5PS dan 60,64% untuk mortar dengan perbandingan 1PC : 4PS.

5.3 Kuat Tekan Sampel *Frame* Beton

Untuk mengontrol kualitas beton yang digunakan, maka dibuat sampel beton yang digunakan untuk pengecoran *frame* dinding. Pembuatan sampel beton berbentuk silinder dengan masing-masing variasi dibuat tiga sampel. Selanjutnya penulisan *Reinforced Concrete Frame Infill Masonry* disingkat menjadi *RCFIM* dan untuk *Confined Masonry Wall* disingkat menjadi *CMW*. Hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

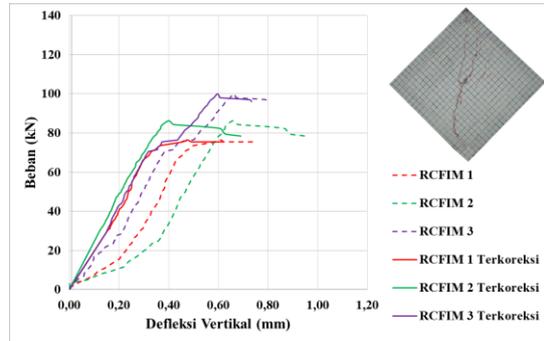
Tabel 2 Hasil Pengujian Sampel Frame Beton

Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
RCFIM 1	460	25,704
RCFIM 2	500	27,875
RCFIM 3	505	27,467
CMW 1	500	27,865
CMW 2	515	28,854
CMW 3	480	27,090

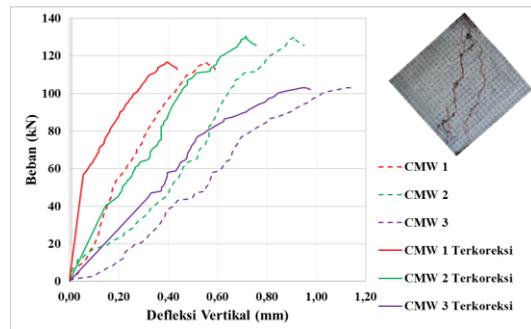
Dari hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan melebihi f'_c rencana yaitu 25 MPa. Hasil ini memperlihatkan ketepatan desain campuran (*mix design*) dengan kuat tekan beton rencana.

5.4 Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batako-Kait

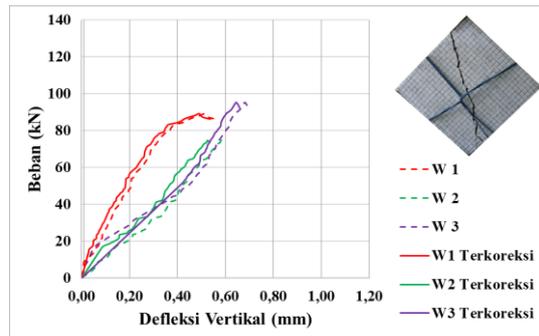
Pengujian dilakukan dengan cara benda uji diberi beban hingga runtuh, untuk memperoleh data beban maksimum dan penurunan pada benda uji, hingga benda uji mengalami keruntuhan. Dari data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai kuat geser diagonal yang didasarkan pada rumus ASTM E519-02-2002. Hasil pengujian ini disajikan dalam bentuk grafik dan tabel berikut ini.



Gambar 7 Perbandingan Kurva Beban dengan Defleksi Vertikal Dinding Tipe RCFIM



Gambar 8 Perbandingan Kurva Beban dengan Defleksi Vertikal Dinding Tipe CMW



Gambar 9 Perbandingan Kurva Beban dengan Defleksi Vertikal Dinding Tipe W

Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Geser Diagonal Dinding Pasangan Batako-Kait

No	Benda Uji	Beban Maks		Dimensi Benda Uji			An (mm ²)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser Rerata (MPa)
		(kgf)	(N)	w (mm)	h (mm)	t (mm)			
1	RCFIM 1	7826	76773,06	1205	1205	113	136165	0,399	0,462
2	RCFIM 2	8895	87259,95	1210	1210	110	133100	0,464	
3	RCFIM 3	10227	100326,87	1208	1208	112	135296	0,524	
4	CMW 1	11960	117327,6	1217	1217	110	133870	0,620	0,607
5	CMW 2	13348	130943,88	1215	1215	113	137295	0,674	
6	CMW 3	10565	103642,65	1210	1210	115	139150	0,527	
7	W 1	9148	89741,88	1210	1210	110	133100	0,477	0,459
8	W 2	7679	75330,99	1200	1200	113	135600	0,393	
9	W 3	9721	95363,01	1205	1205	110	132550	0,509	

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, pada sampel tipe *RCFIM* didapatkan nilai kuat geser diagonal rerata sebesar 0,462 MPa, tipe *CMW* sebesar 0,607 MPa, dan tipe *W* sebesar 0,459 MPa. Dari dua metode konstruksi dinding dengan perkuatan, maka dapat disimpulkan bahwa metode pembuatan dinding tipe *confined masonry wall* lebih menghasilkan kuat geser yang tinggi jika dibandingkan dengan metode pembuatan dinding tipe *reinforced concrete frame infill masonry*. Metode pembuatan dinding tipe *confined masonry wall* dapat dijadikan metode acuan dalam pembangunan rumah sederhana tahan gempa.

Kemudian dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan kuat geser optimum pada sampel tipe *confined masonry wall* sebesar 0,607 MPa. Hal ini menunjukkan kuat geser yang lebih besar jika dibandingkan pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Raharja, 2018. Dalam penelitian tersebut didapatkan nilai kuat geser optimum dinding pasangan bata-kait merah hanya sebesar 0,360 MPa. Oleh karena itu dari segi kekuatan, batako-kait memiliki kuat geser yang lebih tinggi daripada bata merah-kait. Sehingga dapat dijadikan bahan untuk komponen penyusun dinding rumah tahan gempa.

Selanjutnya setelah dilakukan pengujian pada seluruh sampel pasangan batako-kait, didapatkan pola keretakan dinding pasangan batako-kait. Pola keretakan tersebut merupakan jenis retak diagonal. Retak diagonal ini adalah bentuk keretakan yang menghubungkan dua ujung sisi yang terkena beban. Pola ini terjadi karena kekuatan frame yang kuat, sedangkan bahan penyusun dinding batako mempunyai kekuatan yang agak lemah. Hal ini menunjukkan pola keretakan yang sesuai dengan teori, karena beban yang bekerja terletak pada ujung dinding maka seharusnya menghasilkan retak secara diagonal. Kemudian jika diamati pada pasangan dinding batako-kait, keretakan tidak hanya terjadi pada mortar, melainkan juga pada batako-kait itu sendiri. Keretakan

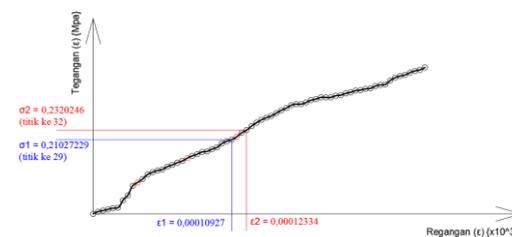
seperti ini menunjukkan bahwa efek saling mengunci (*interlocking*) antar batako-kait bekerja secara maksimal. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bagian yang lemah yaitu terdapat pada mortar dan batako-kait itu sendiri.

5.5 Kuat Tekan Dinding Pasangan Batako-Kait

Pengujian kuat tekan dinding pasangan batako-kait bertujuan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan dinding pasangan batako-kait dan mengetahui nilai modulus elastisitas dinding. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk Tabel dan Gambar berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Batako-Kait

Variabel	Nilai	Satuan
Beban Maksimum (Pu)	79294,23	N
Lebar Benda Uji (B)	500	mm
Tebal Benda Uji (b)	110	mm
Berat Alat Bantu (W)	236,42	N
Waktu Pengujian	650	detik
Kuat Tekan (fk)	1,446	MPa
Modulus Elastisitas	1881,112	MPa



Gambar 10 Kurva Tegangan Regangan Dinding Tipe EMW

Nilai modulus elastisitas dinding pasangan batako-kait diperoleh sebesar 1881,112 MPa. Nilai modulus elastisitas dihitung berdasarkan hasil pengujian yaitu dengan cara membagi antara regangan 2 dan tegangan 2. Nilai tegangan 2 diambil dari 40% dikali dengan tegangan maksimum, kemudian nilai regangan 2 menyesuaikan dengan nilai tegangan 2. Hasil modulus elastisitas ini telah dibandingkan dengan penelitian Jonaitis dkk (2013) dan Anggraeni dkk (2015).

Menurut Jonaitis dkk (2013) modulus elastisitas optimum batako yaitu sebesar 1248 MPa. Hasil tersebut lebih kecil

sebesar 33,66% jika dibandingkan dengan modulus elastisitas batako dalam penelitian ini. Selain itu menurut Anggreni dkk (2015) modulus elastisitas batako optimum yaitu sebesar 1086,240 MPa. Hasil tersebut juga lebih kecil sebesar 42,25% jika dibandingkan dengan modulus elastisitas batako dalam penelitian ini.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan terhadap pengujian benda uji di laboratorium, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Nilai kuat tekan rerata mortar optimum yaitu pada campuran mortar pasangan dengan substitusi serbuk kaca yaitu sebesar 11,62 MPa, sedangkan nilai kuat tekan rerata mortar minimum yaitu pada campuran mortar plesteran tanpa substitusi serbuk kaca yaitu sebesar 7,24 MPa.
2. Nilai kuat geser optimum pada sampel dinding dengan perkuatan *reinforced concrete frame infill masonry wall* yaitu sebesar 0,524 MPa dan kuat geser rerata sebesar 0,462 MPa.
3. Nilai kuat geser optimum pada sampel dinding dengan perkuatan *confined masonry wall* yaitu sebesar 0,674 MPa dan kuat geser rerata sebesar 0,607 MPa.
4. Nilai kuat geser optimum pada sampel dinding tanpa perkuatan yaitu sebesar 0,509 MPa dan kuat geser rerata sebesar 0,459 MPa.
5. Nilai kuat tekan optimum dinding pasangan batako-kait sebesar 1,446 MPa dan nilai modulus elastisitas sebesar 1881,112 MPa.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian geser diagonal dinding pasangan batako-kait yaitu sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan data yang lebih banyak dan akurat, pada pengujian benda uji perlu menggunakan *strain gauge* dan *LVDT* di beberapa titik penting untuk mengukur regangan dan lendutan.
2. Perlu dilakukan pengujian-pengujian pendukung lainnya seperti pengujian kuat lentur pasangan dinding batako-kait.
3. Untuk campuran mortar, perlu dilakukan inovasi bahan-tambah yang lainnya agar menghasilkan kuat tekan mortar yang lebih tinggi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. 2002. *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*. ASTM designation: E 519-02. USA.
- Anggraeni, M.Y., Sudarsana, I.K., dan Sukrawa, M. 2015. Perilaku Tekan dan Lentur Dinding Pasangan Batako Tanpa Plesteran, Dengan Plesteran dan Dengan Perkuatan *Wiremesh*. *Jurnal Spektrans*. Vol.3 No.2. Denpasar.
- Anonim, 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847-2013, Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Hariono, A., Rusli M., dan Hernanti H.Y. 2016. *Perbandingan Model Perkuatan (Tipe H dan D) Terhadap Model Normal (Tipe K) dalam Menentukan Daktilitas Confined Masonry*. *Jurnal Permukiman*. Vol.11 No.2:128-139. Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. Bandung.
- Jonaitis, B., and Zavalis, R., 2013. *Experimental Research of Hollow Concrete Block Masonry Stress Deformations*. 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST. Elsevier. Lithuania. Desember: 473 – 478.
- Kusumastuti, D., Suarjana M., and Pribadi K.S. 2012. *Experimental Study on Typical Confined Masonry Structure*

- under Cyclic Lateral Load*.
Departement of Civil Engineering,
Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Pranata, Y.A. dan Elvira, L. 2013.
“Analisis Kegagalan Struktur
Bangunan Rumah Tinggal Dengan
Metode Elemen Hingga Linier”. *Jurnal
Teknik Sipil*. Vol.12 No.3:161-172.
- Sutrisno, W. 2017. “Pengaruh Bahan
Tambah Serbuk Kaca pada Mortar”.
Jurnal Rekayasa dan Inovasi Teknik.
Vol.2 No.2. Universitas Sarjanawiyata
Tamansiswa. Yogyakarta.
- 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.2:152-164.
Yogyakarta.
- Teguh, M., Purnomo, A.D., Satria, S.P.
(2017). “Karakteristik Batako-Kait
Sebagai Dinding Pasangan”. *Prosiding
Seminar Nasional Seri 7. “Menuju
Masyarakat Madani dan Lestari”*.
*Direktorat Penelitian dan Pengabdian
Masyarakat*. Universitas Islam
Indonesia. Yogyakarta. 22 November
2017.
- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Buku Ajar
Teknologi Beton*. Universitas Gadjah
Mada. Yogyakarta.