

# PERBANDINGAN KUAT GESER DIAGONAL DAN DAKTILITAS DINDING BATA MERAH, BATAKO, DAN BATA RINGAN

Sarwidi<sup>1</sup> dan Jafar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta  
Email: sarwidi@uii.ac.id

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta  
Email: jafar@uii.ac.id

## ABSTRACT

*In recent decades, a number of earthquakes have hit various parts of Indonesia, causing damage and loss of lives. Basically, earthquakes do not cause direct casualties. The collapsed or damaged buildings do. Masonry wall houses are a class of non-engineered structures. These structures were suffered the most damage subjected to earthquakes in Indonesia, for example during the 2006 Yogyakarta Earthquake and the 2018 Lombok Earthquake. The reason was these structures did not meet the earthquake-resistant building provision and the structures were mostly built by grassroots construction workers. As an effort to reduce the risk of earthquakes disaster, innovations in earthquake-resistant houses need to be encouraged, including innovations of masonry walls. This study aims to compare the shear strength and ductility of standard brick, concrete block, and lightweight brick walls that have become more popular to the people with a thickness of 6 cm, 8 cm, 10 cm, and 12 cm through laboratory testing. The diagonal tension (shear) test was carried out following the regulations of SNI 4166-1996 and ASTM E519. As a result, in terms of earthquake-resistant building criteria, lightweight brick walls have several advantages, namely lighter weight and greater shear strength compared to standard brick and concrete block walls.*

**Keywords:** earthquake-resistant house, shear strength, lightweight brick wall

## LATAR BELAKANG

Salah satu ancaman bencana yang paling sering menelan korban jiwa di Indonesia adalah gempa bumi. Letak geografis Indonesia yang berada di antara pertemuan lempeng-lempeng tektonik dunia menjadi penyebab tingginya aktivitas seismik di sekitar 2/3 wilayah Indonesia (Indonesian Urban Disaster Mitigation Project, 2001). Gempa bumi merupakan fenomena alam yang dapat mengakibatkan kerusakan, kerugian, dan hilangnya nyawa.

Pada dasarnya, gempa bumi tidak menyebabkan hilangnya nyawa seseorang secara langsung. Hampir tidak pernah ditemukan berita seseorang meninggal

akibat dampak langsung dari sebuah kejadian gempa bumi. Sebagian besar korban jiwa yang timbul diakibatkan oleh kejadian lain yang terjadi selepas kejadian gempa tersebut terjadi. Penelitian yang dilakukan oleh Spence (2004) menyebutkan bahwa berdasarkan data yang dikumpulkan dari tahun 1950 – 1990, lebih dari 75% korban jiwa dalam bencana gempa bumi diakibatkan oleh reruntuhan bangunan. Gempa yang terjadi menyebabkan kerusakan bahkan keruntuhan pada bangunan kemudian reruntuhan bangunan tersebut menimpa orang-orang yang berada di dalam bangunan tersebut dan menyebabkan jatuhnya korban.

Pada kasus gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tahun 2006, sebanyak 358.693 unit rumah dilaporkan mengalami kerusakan, 5.716 orang meninggal dunia, serta 37.927 orang mengalami luka-luka (BAPPENAS, 2006). Mayoritas rumah tinggal yang mengalami kerusakan adalah rumah-rumah yang tergolong *non-engineered* (Winarno, 2007). Bangunan *non-engineered* sangat rentan mengalami kerusakan akibat guncangan gempa bumi karena tidak dilengkapi dengan perkuatan struktur beton bertulang ataupun struktur baja yang memadai (Raharjo, Ferianto; Arfiadi, Yoyong; Lisantono, Ade; Wibowo, 2007). Ironisnya, justru rumah tipe inilah yang paling populer dan disukai oleh masyarakat.

Sebagai upaya pengurangan risiko bencana gempa bumi, inovasi bangunan rumah tahan gempa, khususnya tipe tembokan, perlu terus digiatkan. Salah satu komponen utama pada bangunan rumah tembokan adalah dinding. Pada bangunan teknis seperti gedung bertingkat banyak, peran dinding dalam hal struktur tidak begitu signifikan. Fungsi utama dinding pada bangunan-bangunan tersebut adalah sebagai sekat pemisah antar ruang. Sedangkan pada bangunan rumah sederhana, dinding berkontribusi sebagai elemen struktur untuk menahan beban gempa, dan bahkan, untuk dinding bata merah telah distandarkan oleh pemerintah untuk bangunan rumah aman gempa, misalnya pada Peraturan Menteri PUPR No 05 Tahun 2016. Oleh karena itu, inovasi dinding sebagai komponen struktur pada rumah tembokan sangat diperlukan. Tujuannya adalah agar didapatkan komposisi dinding yang kuat, mudah dikerjakan, dan memerlukan biaya yang rendah. Dengan kata lain, dinding rumah tembokan yang dapat memenuhi kriteria Biaya, Mutu, Waktu (BMW) yang semakin optimal diperlukan melalui inovasi teknologi dan rekayasanya.

Saat ini, inovasi material penyusun dinding telah banyak dilakukan oleh Teguh, (2016) dan Teguh et al., (2017). Selain itu, saat ini

inovasi yang mulai digemari oleh masyarakat adalah bata ringan. Bata ringan merupakan batu bata yang memiliki berat volume yang lebih ringan dibandingkan dengan batu bata pada umumnya. Di pasaran, bata ringan ini telah banyak diproduksi oleh berbagai produsen dengan spesifikasi yang bermacam-macam dan telah diterapkan oleh masyarakat dalam membangun bangunan sederhana dengan berbagai ketebalan dinding. Pengujian kekuatan bata ringan juga pada umumnya telah dilakukan oleh para produsen bata ringan. Di antara permasalahan yang sangat penting adalah bahwa pengujian dinding yang terbuat dari bata ringan dengan berbagai ketebalan masih jarang dilakukan untuk berbagai wilayah. Dengan demikian, penelitian melalui uji laboratorium tentang kesetaraan kekuatan dinding bata ringan dengan berbagai ketebalan terhadap kekuatan dinding bata merah yang selama ini masih menjadi standar perlu dilakukan. Pengujian dan pengkajian yang dilakukan meliputi kuat geser dan daktilitas. Hasil pengujian dan pengkajian dinding pasangan bata ringan tersebut kemudian akan dibandingkan dengan pasangan bata merah dan batako yang umum digunakan oleh masyarakat Indonesia.

Berdasarkan uraian latar belakang dan permasalahan yang disebutkan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kuat geser dan daktilitas dinding bata merah, batako, dan dinding bata ringan dengan berbagai ketebalan melalui uji laboratorium.

## TINJAUAN PUSTAKA

Pada bangunan teknis (bertingkat banyak), dinding memiliki peran yang berbeda jika dibandingkan dengan pada bangunan sederhana. Meskipun turut berkontribusi juga dalam memberikan kekuatan (Tanjung, 2016), pada bangunan teknis peran itu tidak begitu signifikan. Sebagai contoh, pada bangunan *open frame* beton bertulang, apabila dinding pada bangunan tersebut dihilangkan maka bangunan akan tetap

berdiri karena penopang kekuatan utamanya adalah frame beton bertulang (kolom dan balok). Sebaliknya, pada bangunan rumah tinggal sederhana, prinsip seperti demikian tidak berlaku. Hal ini disebabkan kontribusi dinding untuk menopang struktur bangunan sederhana sangat signifikan sehingga apabila dinding dihilangkan, maka bangunan bisa roboh.

Komponen struktur pada bangunan sederhana satu lantai paling tidak adalah kolom, balok, sloof, dan dinding. Untuk bangunan tipe ini, umumnya dimensi kolom, balok, dan sloof tidak begitu besar. Hal ini mengakibatkan selisih kekuatan dan kekakuan portal tidak berbeda jauh dengan dinding bata (Leksono et al., 2012). Oleh karena itu, kekuatan dan kekakuan pada bangunan sederhana perlu ditopang oleh dinding. Penelitian ini fokus pada peran dinding pasangan bata pada bangunan sederhana.

### **Pengujian Dinding**

Pengujian dinding telah dilakukan di beberapa penelitian-penelitian terdahulu, salah satunya adalah yang dilakukan oleh Yardim dan Lalaj (2016). Di penelitian tersebut membandingkan performa kuat geser dari beberapa jenis perkuatan pada dinding bata. Perkuatan yang dimaksud adalah perkuatan akibat penambahan material plesteran dinding, yakni *textile reinforced mortars (TRM)*, *polypropylene fiber reinforced mortar plastering (PP-FRM)*, dan *ferrocement reinforced mortar plastering*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa dinding yang diperkuat dengan *ferrocement* dan *polypropylene mortar plaster* mengalami peningkatan performa geser yang signifikan dibandingkan dengan dinding bata standar.

Penelitian lain yang juga menguji dinding adalah penelitian yang dilakukan oleh Milosevic dkk. (2012). Dinding yang diuji dalam penelitian ini adalah dinding

yang tersusun dari batu kali (*rubble stone*). Dinding *rubble stone* banyak dijumpai pada bangunan-bangunan tradisional Portugis. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, model finite element dan pengujian langsung (uji beban). Hasilnya, *load-displacement diagrams* dan *failure modes* dari hasil pendekatan numerik (*finite element*) dan pengujian langsung (uji beban) menunjukkan hasil yang mirip.

Dua penelitian di atas memiliki beberapa perbedaan dan persamaan. Perbedaannya dapat dilihat dari sisi material penyusun dinding. Salah satu penelitian menguji dinding yang terbuat dari pasangan bata dengan perkuatan tertentu sedangkan yang lainnya menguji dinding yang terbuat dari pasangan *rubble stone*. Namun demikian, keduanya memiliki satu persamaan, yakni variable terikatnya. Kedua pengujian itu meninjau performa geser (*shear performance*) dari dinding yang diuji. Metode pengujiannya pun mengacu pada sumber yang sama yakni ASTM E519 sebagai mana dapat dilihat pada gambar 2.3 (Yardim & Lalaj, 2016). Oleh karena itu, penelitian ini sedikit banyak mengacu pada kedua penelitian terdahulu tersebut namun dengan material penyusun dinding yang berbeda.



Gambar 1. Pengujian *Diagonal Compression Test* (Yardim & Lalaj, 2016)

## METODE PENELITIAN

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengujian langsung benda uji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan studi pustaka terhadap penelitian-penelitian yang relevan. Data yang digunakan dalam analisis terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat langsung dari pengujian penelitian ini. Data primer yaitu, beban maksimum, daktilitas, kekakuan, berat volume.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dari sumber lain yang relevan dengan penelitian ini. Data sekunder yaitu, spesifikasi bahan dan studi pustaka penelitian sebelumnya yang relevan.

### Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel yang digunakan, yaitu:

1. Variabel bebas yang meliputi variasi ketebalan bata ringan yang digunakan sebagai penyusun pasangan dinding.
2. Variabel yang meliputi kemampuan dinding untuk menahan beban, kuat geser, dan daktilitas.
3. Variabel kontrol yang meliputi arah beban uji, campuran spesi dinding, ukuran dinding, dan perawatan.

### Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian dinding tahan gempa ini adalah satu set alat uji dinding, molen, centong adukan, gergaji, timbangan, pisau, gunting dan bak. Sedangkan bahan yang dipakai untuk penelitian ini adalah bata ringan, semen, pasir, air, paku.

Salah satu elemen yang sangat penting dalam pengujian ini adalah satu set alat uji dinding. Secara spesifik, kriteria alat ini diatur di dalam ASTM E519. Di peraturan

tersebut disebutkan bahwa alat uji yang digunakan harus memiliki kapasitas desak (*compression load capacity*) yang memadai. Apabila penelitian yang dilakukan memperhatikan nilai deformasi atau regangan dari benda uji, maka pastikan alat uji mampu melakukan pembebanan dengan inkremen tertentu. Pemilihan inkremen pembebanan harus memperhatikan jumlah deformasi atau regangan yang dibaca dimana dalam ASTM E519 jumlah pembacaannya disyaratkan sebanyak minimum 10 (sepuluh) nilai. Tujuannya adalah agar supaya kurva hubungan tegangan-regangan dapat digambarkan dengan baik. Alat uji harus mampu memberikan pembebanan secara terus-menerus secara perlahan tanpa kejut.

### Benda Uji

Benda uji berupa pasangan dinding dibuat 6 (enam) variasi. Keenam variasi tersebut adalah:

1. Dinding pasangan bata merah standar (DBM)
2. Dinding pasangan batako (DBK)
3. Dinding pasangan bata ringan dengan ketebalan 6 cm (DBR06)
4. Dinding pasangan bata ringan dengan ketebalan 8 cm (DBR08)
5. Dinding pasangan bata ringan dengan ketebalan 10 cm (DBR10)
6. Dinding pasangan bata ringan dengan ketebalan 12 cm (DBR12)

### Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dinding dilakukan di tempat yang berbeda dengan tempat pengujian. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia sedangkan pembuatan benda uji dilakukan di *warehouse*. Proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.

Di dalam ASTM E519 (2010), dimensi benda uji dinding untuk pengujian geser diagonal diaatur secara spesifik.



Gambar 2. Proses Pembuatan Benda Uji di Warehouse

Ukuran benda uji tidak boleh kurang dari 1,2 x 1,2 meter (4 x 4 ft). Jumlah benda uji untuk tiap variasi juga disyaratkan tidak kurang dari 3 (tiga) buah. Artinya, apabila terdapat 6 variasi pasangan dinding dalam pengujian ini maka total keseluruhan benda uji yang disiapkan adalah 28 buah.

Perawatan (*curing*) benda uji juga diatur di dalam ASTM E519. Setelah dibuat, benda uji tidak boleh dipindahkan apabila belum mencapai usia minimal 7 hari. Selama masa perawatan, benda uji harus diletakkan di udara ruang yang berkisar antara  $24 \pm 8^\circ\text{C}$  dengan kadar kelembapan antara 25 hingga 75% selama kurang lebih 28 hari.

### Pengujian

Pengujian geser diagonal dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Metode pengujian mengacu pada SNI 4166:1996 yang juga sesuai dengan ASTM E519. Lihat Gambar 3.

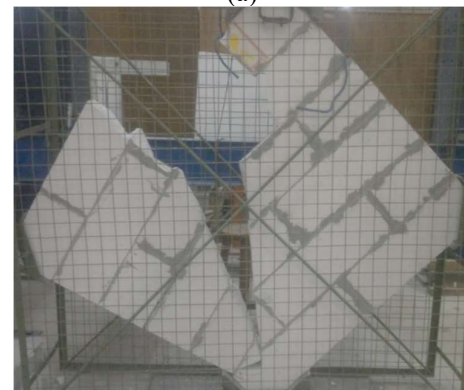
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat total 18 benda uji dinding yang dibuat dan diuji dalam penelitian ini. Jumlah tersebut meliputi dinding pasangan bata merah, batako, dan bata ringan dengan Tabel 1. Data tersebut kemudian diolah lebih lanjut untuk mendapatkan nilai deformasi *yield*, daktilitas dan kuat geser dinding. Dalam penelitian ini, tidak

variasi ketebalan 6 cm, 8 cm, 10 cm, dan 12 cm. Sebelum dilakukan pengujian, tiap-tiap benda uji diukur dimensinya dan ditimbang beratnya. Setelah berumur 28 hari, benda uji dinding diuji di laboratorium. Pengujian yang dilakukan mengacu pada peraturan pengujian ASTM E519.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Sebelum Pengujian; (b) Setelah Pengujian)

Dari pengujian seluruh benda uji, didapatkan data berupa nilai beban dan deformasi dinding. Rakapitulasi hasil pengujian dapat dilihat pada

dilakukan perhitungan nilai modulus elastisitas ( $E$ ) dinding karena dinding tersusun dari beberapa elemen seperti bata merah/batako/bata ringan serta mortar).

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Dinding

Benda Uji		Tebal		$P_{max}$	$P_{max}$ Rerata	$\Delta_{max}$		Berat (Kg)	
			Rerata				Rerata		Rerata
		mm	mm	kN	kN	mm	mm		
DBM	DBM-1	109	103.333	40.934	32.814	7.861	8.020	183,6	184,22
	DBM-2	100		37.167		8.035		184,7	
	DBM-3	101		20.342		8.164		184,36	
DBK	DBK-1	92	93.667	20.358	19.604	2.366	3.299	217,4	216,17
	DBK-2	94		17.593		3.388		216,9	
	DBK-3	95		20.86		4.143		214,2	
DBR06	DBR6-1	60	60.000	36.694	40.464	5.272	5.541	54	53,93
	DBR6-2	60		35.94		3.784		54,4	
	DBR6-3	60		48.758		7.568		53,4	
DBR08	DBR8-1	80	80.000	71.88	51.858	6.082	7.189	69,2	65,2
	DBR8-2	80		35.438		7.572		64	
	DBR8-3	80		48.255		7.914		62,4	
DBR10	DBR10-1	100	100.000	77.41	69.786	6.541	7.357	83	81,8
	DBR10-2	100		49.763		7.997		81,4	
	DBR10-3	100		82.185		7.532		81	
DBR12	DBR12-1	120	120.000	52.779	57.387	3.654	7.473	100,4	100,3
	DBR12-2	120		71.629		5.107		99,4	
	DBR12-3	120		47.753		13.658		101,2	

lebih cocok apabila dilakukan pada pengujian material penyusun dinding.

Tabel 1 juga disajikan perbandingan berat dinding dalam ukuran yang sama. Dinding batako (DBK) memiliki berat rerata terbesar yakni 216,17 kg sedangkan dinding bata ringan dengan tebal 6 cm (DBR06) memiliki berat rerata terendah yakni 53,93 kg. Dalam konsep bangunan tahan gempa, berat bangunan diusahakan seminimal mungkin untuk mengurangi besaran nilai gaya geser dasar gempa pada bangunan. Gaya geser dasar gempa pada bangunan merupakan fungsi dari berat total bangunan dan koefisien seismik sebagaimana tercantum dalam SNI 1726:2019. Gaya inilah yang nantinya didistribusikan ke komponen struktur bangunan.

Berat total bangunan merupakan akumulasi dari berat komponen-komponen bangunan yang meliputi komponen struktural, arsitektural, mekanikal elektrikal, dan lain-lain. Semakin besar nilai berat total

Dalam

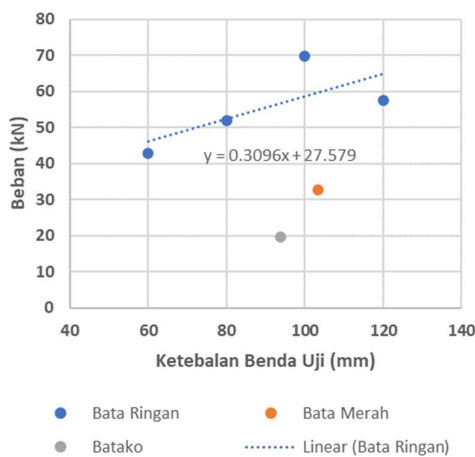
bangunan maka nilai gaya geser dasar yang bekerja pada bangunan akan semakin besar. Akibatnya, gaya-gaya yang harus dipikul oleh komponen struktur juga semakin besar. Oleh karena itu, untuk mereduksi nilai gaya geser dasar pada bangunan, langkah yang dapat dilakukan adalah memilih material yang memiliki berat lebih kecil.

Gambar 4 menunjukkan plot beban maksimum rerata untuk berbagai variasi benda uji. Dapat dilihat bahwa secara umum, nilai beban ( $P$ ) dinding bata ringan lebih besar dibandingkan dengan bata merah maupun batako. Dinding batako memiliki nilai beban terendah dibandingkan dengan dinding lainnya. Untuk bata ringan, terlihat semakin besar nilai ketebalan dinding, semakin besar pula beban yang mampu dipikul. Oleh karena itu, garis regresi bata ringan memiliki nilai  $x$  positif. Pengujian yang dilakukan terbatas pada pengujian

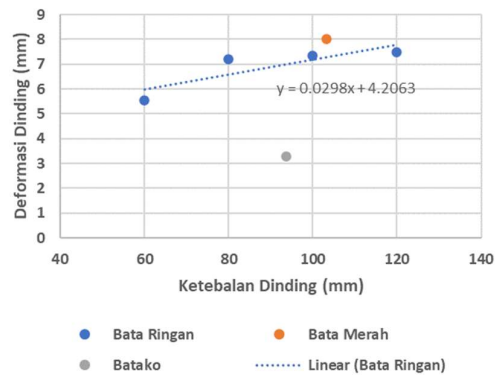
statik sehingga tidak memperhitungkan *initial stiffness* benda uji.

Regresi yang digunakan dalam Gambar 4 adalah linear karena antara satu benda uji dinding dengan yang lainnya hanya memiliki perbedaan pada ketebalannya saja yang bersifat linie. Perbedaan tebal itupun relative kecil dibandingkan dengan panjang diagonal benda uji yang dapat membedakan kekakuan antar benda uji penyebab nonlinieritasnya Adapun mutu serta ukuran bata ringan yang digunakan adalah relative sama. Ketidak-linearitas yang muncul dalam pola sebaran titik dalam Gambar 4 disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam pengujian antara lain, adanya kendala variasi benda uji yang ditemukan di lapangan, pelaksanaan pembuatan benda uji yang dibuat oleh para tukang-tukang local, dan dalam pemodelan tumpuan saat pengujian.

Untuk deformasi maksimum rerata, dinding batako memiliki nilai yang terkecil sedangkan dinding bata merah memiliki nilai terbesar. Secara umum juga nilai deformasi rerata maksimum bata ringan cenderung meningkat siring dengan nilai ketebalan yang meningkat. Nilai persamaan regresinya juga bernilai  $x$  positif. Lihat Gambar 5.

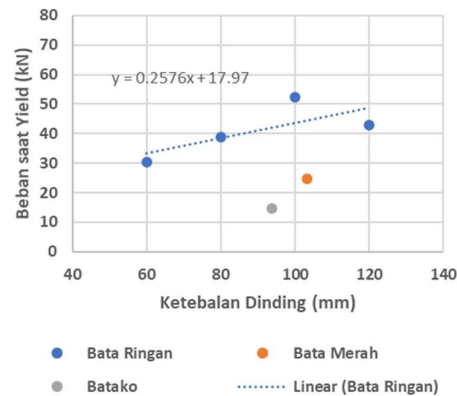


Gambar 4. Beban Maksimum

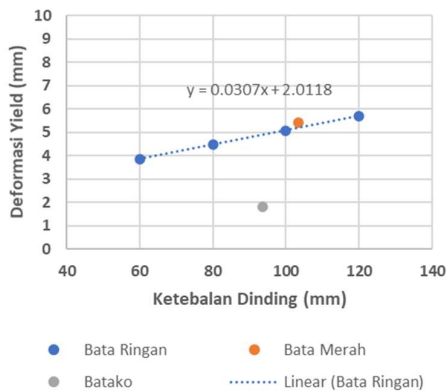


Gambar 5. Deformasi Dinding

Berdasarkan nilai beban maksimum dan deformasi maksimum tersebut, kemudian dapat dicari nilai beban dan deformasi ultimit serta *yield* dengan menggunakan cara analitik. Menurut Park dan Paulay dalam Amir, M. Yusuf; Sulistyono, Djoko; Supriyadi, (2011), beban ultimit diambil sebesar 0,8 dari beban maksimum sedangkan beban *yield* diambil 0,75 dari beban ultimit. Nilai beban dan deformasi saat kondisi *yield* ditampilkan dalam Gambar 6 dan Gambar 7. Dapat dilihat bahwa tren sebaran titik plotnya tidak jauh berbeda dengan saat nilainya maksimum seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 6. Beban saat *Yield*



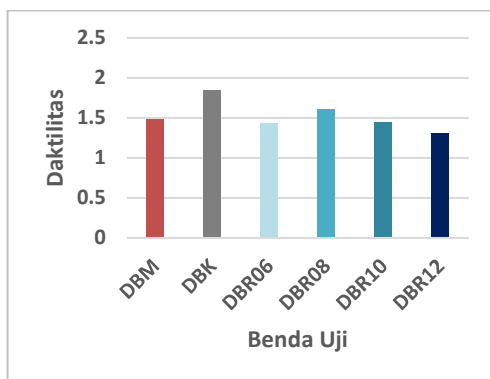
Gambar 7. Deformasi saat Yield

Setelah didapatkan nilai ultimit dan yield, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai daktilitas dari setiap benda uji. Daktilitas dapat diartikan sebagai “kemampuan suatu elemen beton untuk berdeformasi inelastic secara berkelanjutan akibat beban siklik tanpa adanya penurunan kekuatan yang berarti” (Widodo, 2012).

Daktilitas dapat didapatkan dengan membandingkan antara deformasi ultimit dan deformasi yield.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (1)$$

Nilai daktilitas dari masing-masing benda uji ditampilkan dalam Gambar 8. Bisa dilihat bahwa nilai daktilitas dinding yang diuji berkisar antara 1,3 hingga 1,84. Dinding batako (DBK) memiliki nilai daktilitas yang paling tinggi dibandingkan benda uji lainnya.



Gambar 8. Nilai Daktilitas Dinding

Nilai kuat geser dihitung berdasarkan rumus yang ada di SNI 03-4166-1996 berikut ini.

$$\tau = \frac{0,707 P + W}{A} \times (1 - f) \quad (2)$$

Dimana:

$\tau$  : Kuat geser diagonal (MPa)

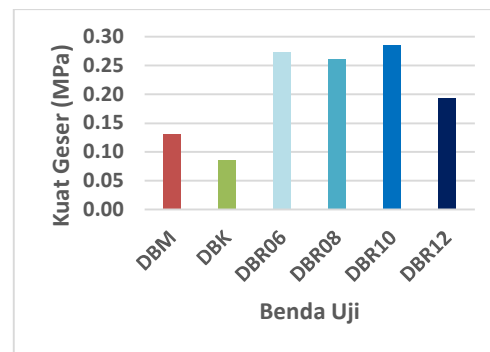
$P$ : Beban uji maksimum (N)

$A$ : Luas penampang tekan (mm)

$M$ : Massa alat bantu tekan (N)

$f$ : koefisien friksi sebesar 0,3

Nilai kuat geser dari masing-masing benda uji ditampilkan dalam Gambar 9. Secara umum dapat dilihat bahwa nilai kuat geser dinding bata ringan dalam berbagai variasi lebih tinggi dibandingkan dengan dinding bata merah dan juga batako. Dinding batako memiliki nilai kuat geser paling rendah di antara seluruh benda uji.



Gambar 9. Kuat Geser Dinding

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan 2 hal berikut ini.

1. Dinding bata ringan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan dinding bata merah dan batako yang telah banyak digunakan oleh masyarakat. Kelebihan-kelebihan yang tersebut di antaranya adalah nilai berat dinding yang lebih rendah, namun kuat geser yang lebih tinggi. Rasio berat dibagi dengan kekuatan yang semakin kecil akan menyebabkan bangunan menjadi lebih tahan gempa, karena gaya yang diterima bangunan menjadi semakin kecil, sementara

kekuatan bangunan menjadi semakin meningkat.

2. Nilai daktilitas dinding bata ringan lebih tinggi daripada dinding bata merah, walaupun lebih rendah dari dinding batako. Dinding atau tembok merupakan komponen struktur dari bangunan sederhana (*non-engineered*) satu lantai sehingga keberadaannya menjadi sangat penting.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia atas dana hibah untuk melakukan penelitian ini. Saudara Adi Sulistio, ST., mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia serta rekan-rekan Komunitas Museum Gempa Prof. Dr. Sarwidi dan Komunitas BARRATAGA® juga kami apresiasi karena telah banyak mendukung dalam pelaksanaan riset hingga penyusunan presentasi ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing Materials. (2010). ASTM E519-10: Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages. *American Society for Testing Materials*, 5. <https://doi.org/10.1520/E0519>
- Amir, M. Yusuf; Sulisty, Djoko; Supriyadi, B. (2011). Perilaku geser pada keadaan layan dan batas balok beton bertulang berlubang memanjang. *Semesta Teknika*, 14(1), 41–51.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4166-1996: Metode pengujian kuat geser dinding pasangan bata merah di laboratorium*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*.
- BAPPENAS. (2006). *Penilaian Awal Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam di Yogyakarta dan Jawa Tengah*. BAPPENAS.
- Indonesian Urban Disaster Mitigation Project. (2001). *Increasing the Safety of Indonesian Cities from Earthquake Disaster Threat*. Asian Disaster Preparedness Center.
- Leksono, R. S., Iranata, D., & Kristijnato, H. (2012). Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata pada Bangunan Bertingkat. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 30–33.
- Milosevic, J., Bento, R., Gago, A. S., & Lopes, M. (2012). Shear Tests on Rubble Stone Masonry Panels - Diagonal Compression Tests. *15th World Conferences on Earthquake Engineering (WCEE)*, 10.
- Raharjo, Ferianto; Arfiadi, Yoyong; Lisantono, Ade; Wibowo, F. N. (2007). Pelajaran dari Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006. *Proceeding of Konferensi Nasional Teknik Sipil 1 (KoNTekS 1)*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 307–318.
- Spence, R. (2004). Earthquake protection: the need for legislation to strengthen high-risk buildings. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, 2082.
- Tanjung, J. (2016). Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 23(2), 99–106. <https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.2.2>
- 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*, 6(2), 152–164.
- Teguh, M., Suharyatma, Makrup, L., Purnomo, D. A., & Satria, S. P. (2017). Karakter Batako-Kait sebagai Alternatif Dinding Pasangan. *Prosiding Seminar Nasional Seri 7, November*, 112–117.
- Widodo. (2012). *Seismologi Teknik dan*

*Rekayasa Kegempaan.* Pustaka Pelajar.

Winarno, S. (2007). *Seismic risk management of non-engineered buildings.* Sheffield Hallam University.

Yardim, Y., & Lalaj, O. (2016). Shear strengthening of unreinforced masonry wall with different fiber reinforced mortar jacketing. *Construction and Building Materials*, 102, 149–154. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.095>