

PENGARUH PENGGUNAAN PENGEKANG (*BRACING*) PADA DINDING PASANGAN BATU BATA TERHADAP RESPON GEMPA

Lilya Susanti, Sri Murni Dewi, Siti Nurlina
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : civil@brawijaya.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh keberadaan *bracing* terhadap ketahanan beban dan deformasi dinding, perbedaan waktu pemasangan *bracing* terhadap ketahanan respon gempa pada dinding dan perbedaan bahan *bracing* terhadap ketahanan respon gempa pada dinding, yaitu bahan baja dan *bracing* bambu. Model yang digunakan berupa 24 dinding pasangan batu bata dimensi 1,2 m x 1 m dengan portal balok dan kolom pada tepinya dengan dimensi 7 cm x 7 cm. Sebanyak 12 model dinding akan menggunakan *bracing* baja dan sisanya menggunakan *bracing* bambu. Dari 12 model dinding, 6 benda uji akan dipasang *bracing* pada fase pra retak dan sisanya pada fase pasca retak. Kesemuanya akan diuji dengan beban *monotonic* dan *cyclic* yang diasumsikan sebagai beban gempa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *bracing* dapat meningkatkan kekuatan dinding. Perbedaan waktu pemasangan *bracing* memberikan perbedaan kekuatan pada dinding dimana *bracing* yang dipasang pada fase pra retak memberikan kontribusi yang lebih baik daripada *bracing* yang dipasang pada fase pasca retak. Bahan bambu cukup efektif digunakan sebagai pengganti baja pada fase pra retak namun pada fase pasca retak, baja memberikan tahanan beban yang lebih baik. Selain itu, penggunaan *bracing* dapat meningkatkan daktilitas dinding.

Kata kunci : *bracing*, dinding, respon gempa

PENDAHULUAN

Dinding pasangan batu bata adalah material yang bersifat non-elastis, non homogen dan anisotropis. Penggunaannya telah dikenal secara luas yaitu hampir pada setiap bangunan di Indonesia. Dinding pasangan batu bata juga seringkali menjadi pilihan utama dengan alasan biaya yang terjangkau, mudah dalam pemasangannya dan kemampuannya dalam meredam panas.

Pada kebanyakan gedung, dinding bukanlah bagian dari elemen struktural, namun berfungsi sebagai pengaku dan penyekat atau pemisah antar ruang bangunan. Untuk menjadikan dinding tersebut sebagai dinding struktural, maka salah satunya adalah dengan memasang pengekang (*bracing*) yang dapat bertindak sebagai kolom praktis pada dinding.

Dinding sangat kaku pada arah in-plane nya. Bila terkena getaran gempa yang tinggi, akan terjadi keretakan dengan arah diagonal yang disertai dengan reduksi kekuatan dan kekakuannya (Key, 1988). *Bracing* dapat menahan gaya tarik dinding.

Adapun beberapa identifikasi masalah yang dapat dikemukakan adalah:

- a) Dinding pasangan batu bata dianggap bukan merupakan elemen struktural bangunan sehingga pembuatan dinding biasanya dilakukan tanpa perkuatan apapun
- b) Bila terkena beban gempa, elemen dinding seringkali merupakan bagian yang mengalami kerusakan paling parah, biasanya berwujud retak diagonal
- c) Kekuatan dinding seharusnya dapat meningkat dengan penggunaan

bracing untuk menahan beban geser. Pada renovasi bangunan paska gempa, dinding yang rusak tidak perlu dirobohkan, tetapi cukup dilakukan perbaikan pada daerah rawan retak.

TUJUAN PENELITIAN

- a) Mengetahui besarnya pengaruh keberadaan *bracing* diagonal terhadap kapasitas tahanan beban dan deformasi pada dinding pasangan batu bata
- b) Mengetahui besarnya pengaruh perbedaan waktu pemasangan *bracing* terhadap kapasitas tahanan beban gempa pada dinding pasangan batu bata, yaitu antara pemasangan *bracing* pada fase pra retak dan paska retak
- c) Mengetahui pengaruh perbedaan bahan yang digunakan sebagai *bracing* terhadap kapasitas tahanan beban gempa pada dinding pasangan batu bata, yaitu antara *bracing* yang menggunakan bahan baja dan bambu

METODE

Hipotesis Penelitian

- a) Dinding pasangan batu bata dengan *bracing* diagonal mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan dinding pasangan batu bata tanpa menggunakan *bracing*, yang ditunjukkan dengan level tahanan beban pada perilaku deformasi yang lebih besar akibat adanya *bracing*
- b) Dinding dengan penggunaan *bracing* yang dipasang pada awal pembuatan dinding akan menghasilkan ketahanan respon gempa yang berbeda dibandingkan dinding menggunakan *bracing* yang dipasang pada saat dinding sudah mengalami keretakan,

karena dinding yang retak telah mengalami dissipasi energi

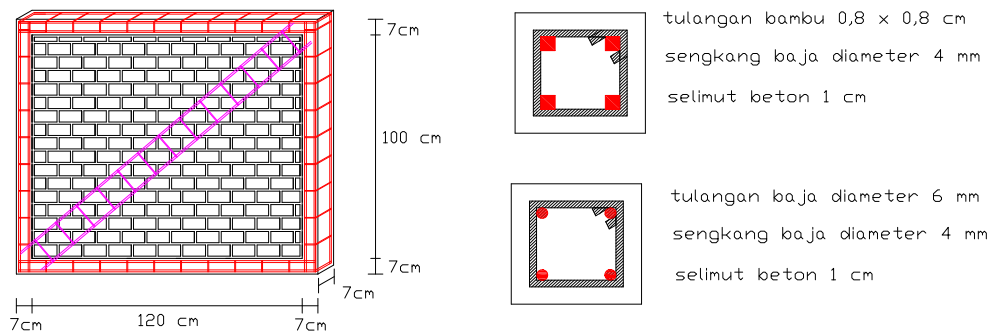
- c) Dinding dengan *bracing* baja akan menghasilkan ketahanan respon gempa yang sama dibandingkan dinding dengan *bracing* bambu, karena nilai kuat tarik baja hampir sama dengan bambu.

Penelitian ini membuat 24 buah benda uji dimensi 1,2 x 1 m dengan *bracing* diagonal dan sengkang diameter 4 mm dengan jarak spasi 12 cm. Campuran beton untuk balok dan kolom menggunakan standar dari PT. Semen Gresik dengan mutu beton 14,5 Mpa dan mortar menggunakan perbandingan PC : pasir = 1 : 4.

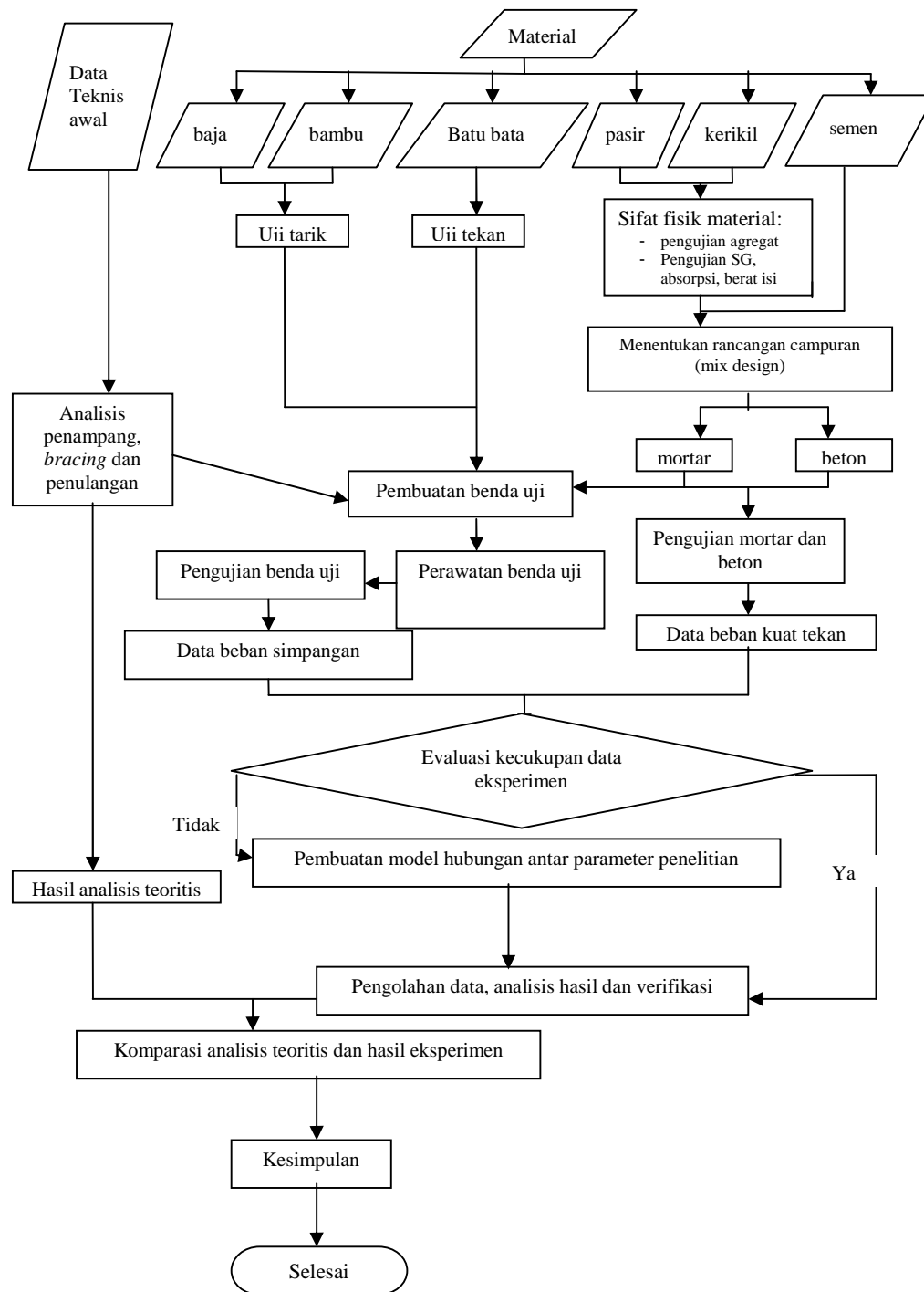
Pengujian benda uji dinding setelah umur 28 hari, yaitu dari enam buah benda uji untuk masing-masing jenis yang berbeda, satu buah benda uji dilakukan pengujian beban geser monotonik satu kali hingga dinding mengalami kegagalan untuk mengetahui besar beban runtuhnya. Dari data besar beban runtuh tersebut, dapat ditentukan besar beban sikliknya. Yaitu 20% beban runtuh untuk beban siklik tahap 1, 40% beban runtuh untuk beban siklik tahap 2 dan seterusnya. Masing masing tahap terdiri dari 6 siklus pembebanan. Beban diaplikasikan pada bagian ujung atas dinding dari sisi kanan dan kiri secara bergantian yang diasumsikan sebagai beban gempa hingga dinding mengalami kegagalan. Keterangan tentang jumlah, detail dan spesifikasi benda uji dituliskan dalam **Tabel 1** dan **Gambar 1**. Sedangkan urutan proses yang dilakukan dalam penelitian ini diilustrasikan dalam diagram alir seperti terlihat pada **Gambar 2**.

Tabel 1. Spesifikasi benda uji

Kode	Tulangan				Pemasangan <i>Bracing</i>
	<i>Bracing</i>	Kolom	Balok	Sengkang	
D-1A(1) D-1A(2) D-1A(3) D-1A(4) D-1A(4) D-1A(5) D-1A(6)	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 4 mm	Pra retak
D-1B(1) D-1B(2) D-1B(3) D-1B(4) D-1B(5) D-1B(6)	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 6 mm	Baja diameter 4 mm	Paska retak
D-2A(1) D-2A(2) D-2A(3) D-2A(4) D-2A(5) D-2A(6)	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Baja diameter 4 mm	Pra retak
D-2B(1) D-2B(2) D-2B(3) D-2B(4) D-2B(5) D-2B(6)	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Bambu dimensi 8 x 8 mm	Baja diameter 4 mm	Paska retak



Gambar 1. Detail Benda Uji



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

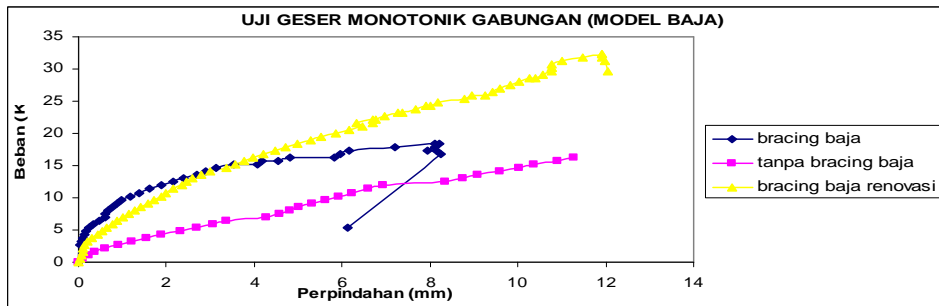
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian monotonik yang dilakukan pada masing-masing model benda uji, yaitu model baja dan model bambu menghasilkan data-data nilai maksimum yang ditabelkan dalam **Tabel 2** dan **Tabel**

3. Sedangkan ilustrasi pembebanan mulai dari awal sampai runtuh digambarkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** masing-masing untuk model baja dan bambu.

Tabel 2. Hasil pengujian monotonik model baja

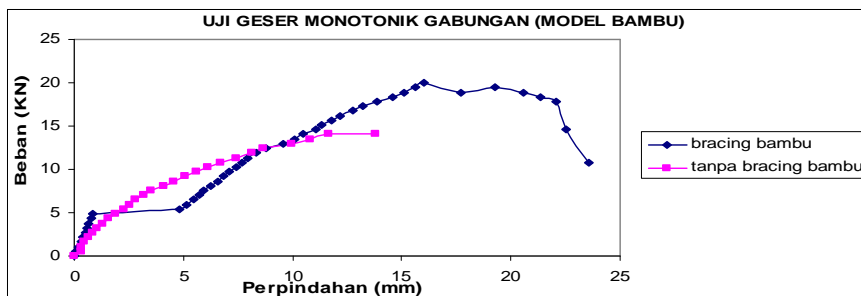
No	Keterangan	Hasil Uji
1	Model <i>bracing</i> baja	
	• Beban maksimum	18,36 KN
	• Perpindahan maksimum	8,219 mm
	• Regangan vertikal maksimum	0,170 mm
2	Model tanpa <i>bracing</i> baja	
	• Beban maksimum	16,20 KN
	• Perpindahan maksimum	11,272 mm
	• Regangan vertikal maksimum	0,009 mm
3	Model <i>bracing</i> baja renovasi	
	• Beban maksimum	32,40 KN
	• Perpindahan maksimum	12,052 mm
	• Regangan vertikal maksimum	0,036 mm
	• Regangan horizontal maksimum	0,042 mm



Gambar 3. Grafik Hubungan Beban –Perpindahan uji geser monotonik model baja

Tabel 3. Hasil pengujian monotonik model bambu

Jenis Pengujian	Hasil
Model <i>bracing</i> bambu	
• Beban maksimum	19,98 KN
• Perpindahan maksimum	23,567 mm
• Perpindahan pada level beban 14,04 KN	10,454 mm
• Regangan vertikal level beban 14,04 KN	0,800 mm
• Regangan horizontal level beban 14,04 KN	0,065 mm
Model tanpa <i>bracing</i> bambu	
• Beban maksimum	14,04 KN
• Perpindahan maksimum	13,823 mm
• Regangan vertikal maksimum	0,310 mm
• Regangan horizontal maksimum	0,035 mm



Gambar 4. Grafik Hubungan Beban –Perpindahan uji geser monotonik model bambu

Data hasil pengujian monotonik yang telah didapatkan sebelumnya, dipakai sebagai

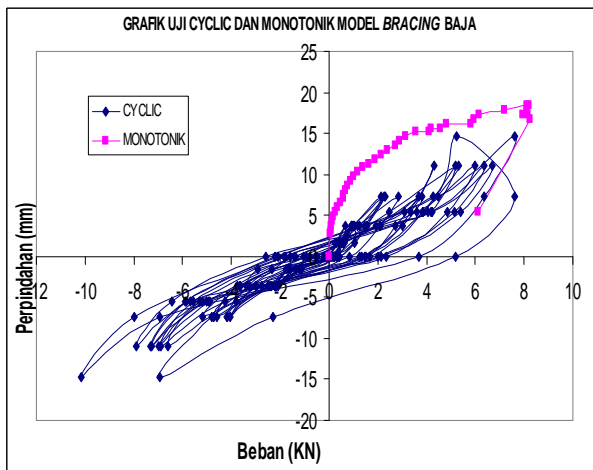
referensi penentuan tahap pembebanan secara *cyclic*. Pengujian *cyclic* dilakukan

pada masing-masing model seperti yang tertera pada tabel spesifikasi benda uji. Hasil pengujian maksimum ditabelkan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**, masing-masing untuk model benda uji baja dan bambu. Ilustrasi pembebanan secara lengkap

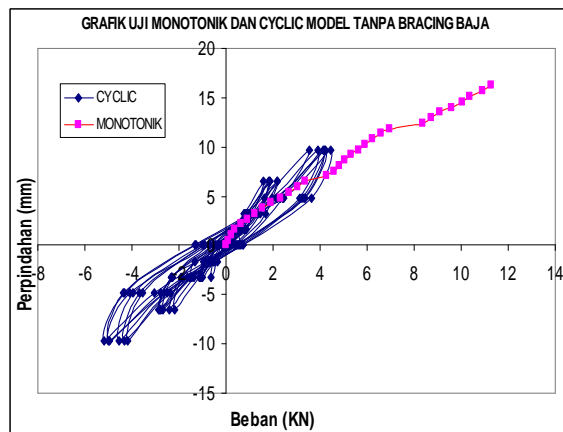
diilustrasikan pada **Gambar 5** sampai dengan **Gambar 7** untuk model baja, dilanjutkan dengan **Gambar 8** sampai dengan **Gambar 10** untuk model bambu, sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian cyclic model baja

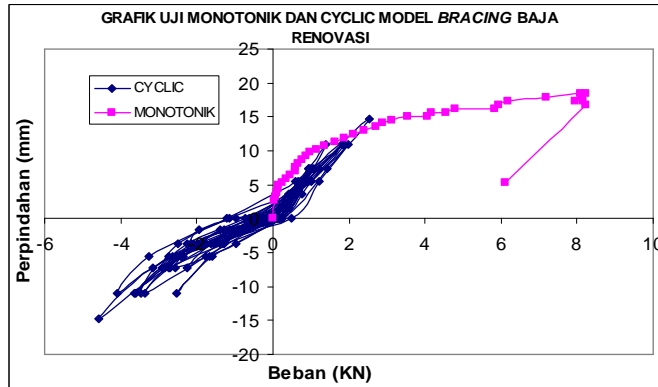
Jenis Pengujian	Hasil
<u>Model bracing baja</u>	
• Beban maksimum rata-rata	14,69 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	10,163 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 4 (80% beban maksimum) siklus ke-2
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,1204 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,0406 mm
• Regangan tulangan kolom maksimum	0,78 mm
• Regangan tulangan balok maksimum	1,24 mm
• Regangan tulangan bracing maksimum	2,23 mm
<u>Model tanpa bracing baja</u>	
• Beban maksimum rata-rata	9,72 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	4,95 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 3 (60% beban maksimum) siklus ke-6
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,1074 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,085 mm
<u>Model bracing baja renovasi</u>	
• Beban maksimum rata-rata	14,69 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	4,591 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 4 (80% beban maksimum) siklus ke-1
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,07 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,196 mm



Gambar 5. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model bracing baja



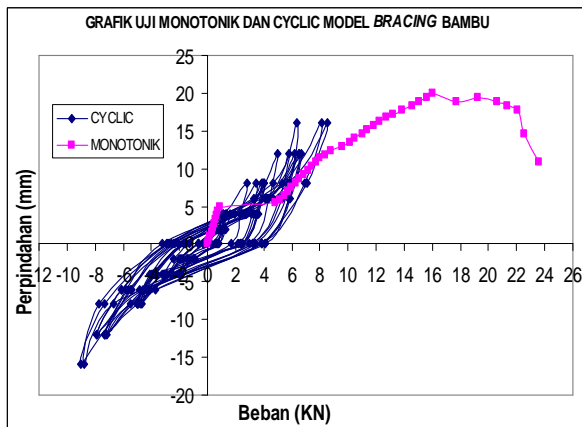
Gambar 6. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model tanpa bracing baja



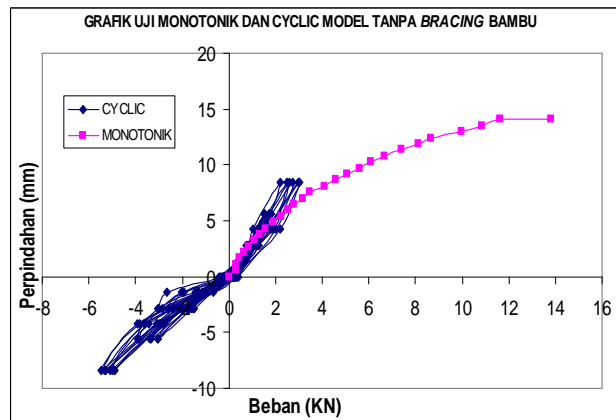
Gambar 7. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model bracing baja renovasi

Tabel 5. Hasil pengujian cyclic model bambu

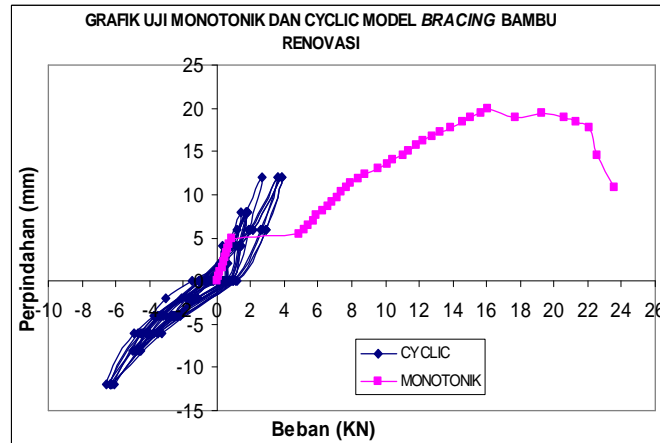
Jenis Pengujian	Hasil
<u>Model bracing bambu</u>	
• Beban maksimum rata-rata	16 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	8,999 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 4 (80% beban maksimum) siklus ke-3
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,136 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,043 mm
• Regangan tulangan kolom maksimum	0,37 mm
• Regangan tulangan balok maksimum	1,04 mm
<u>Model tanpa bracing bambu</u>	
• Beban maksimum rata-rata	8,42 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	5,398 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 3 (60% beban maksimum) siklus ke-6
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,1592 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,1818 mm
<u>Model bracing bambu renovasi</u>	
• Beban maksimum rata-rata	12 KN
• Perpindahan maksimum rata-rata	6,547 mm
• Tahap dan siklus maksimum rata-rata	Tahap 3 (60% beban maksimum) siklus ke-5
• Regangan vertikal maksimum rata-rata	0,1886 mm
• Regangan horizontal maksimum rata-rata	0,2948 mm



Gambar 8. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model bracing bambu



Gambar 9. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model tanpa bracing bambu



Gambar 10. Grafik Hubungan Beban – Perpindahan uji geser cyclic model bracing bambu renovasi

Berdasarkan **Tabel 2** s.d **Tabel 5** dan **Gambar 5** s.d **10**, menunjukkan bahwa *bracing* memberikan tambahan kekakuan dan kekuatan dinding. Pada model *bracing* baja, kekuatan dinding meningkat 13,33 % dan perpindahan akibat pemasangan *bracing* pada model baja 93,34% lebih kecil daripada model baja tanpa *bracing*. Keberadaan *bracing* pada model bambu menambah kekuatan dinding 29,73 % dan perpindahan model bambu yang menggunakan *bracing* sebesar 32,23 % lebih kecil daripada model bambu tanpa *bracing*.

Level tahanan beban gempa dari model baja model *bracing* baja adalah tahap 4 (80% beban maksimum / 14,69 KN) siklus ke-2 dan deformasi 10,163 mm. Sedangkan pada model model *bracing* baja renovasi adalah tahap 4 (80% beban maksimum / 14,69 KN) siklus ke-1 dan deformasi 4,591 mm. Untuk model bambu, tahanan beban model *bracing* bambu mencapai tahap 4 (80% beban maksimum / 16 KN) siklus ke-3 dan deformasi 8,999 mm. Pada model *bracing* bambu renovasi hanya sebesar tahap 3 (60% beban maksimum / 12 KN) siklus ke-5 dengan deformasi 6,547 mm. Hal ini berarti model dengan *bracing* yang dipasang pada fase pra retak memberikan kapasitas tahanan beban gempa dan kapasitas deformasi

mempunyai level tahanan beban tahap 4 (80% beban maksimum/16 KN) siklus ke-3 dan deformasi 8,999 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase pra retak, model bambu mempunyai tahanan beban terhadap respon gempa yang lebih tinggi daripada model baja.

Pada model dengan *bracing* yang dipasang dari awal pembuatan dinding, model yang memakai *bracing* baja mencapai level tahanan beban tahap 4 (80% beban maksimum / 14,69 KN) siklus ke-2 dan deformasi 10,163 mm sedangkan dinding dengan *bracing* bambu mempunyai level tahanan beban gempa tahap 4 (80% beban maksimum / 16 KN) siklus ke-3 dan deformasi 8,999 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase pra retak, model bambu mempunyai kapasitas tahanan beban terhadap respon gempa yang lebih tinggi daripada model baja.

Pada model dengan *bracing* sebagai renovasi, dinding yang memakai *bracing* baja mencapai level tahanan beban tahap 4 (80% beban maksimum / 14,69 KN) siklus ke-3 dan deformasi 8,999 mm sedangkan dinding dengan *bracing* bambu mempunyai level tahanan beban tahap 3 (60% beban maksimum / 12 KN) siklus ke-5 dengan deformasi 6,547 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase paska gempa, model bambu mempunyai kapasitas tahanan beban terhadap respon

yang lebih tinggi daripada model dengan *bracing* yang dipasang pada fase paska retak. Pada model tanpa renovasi, dinding dengan *bracing* baja mencapai level tahanan beban tahap 4 (80% beban maksimum/14,69 KN) siklus ke-2 dan deformasi 10,163 mm sedangkan dinding dengan *bracing* dari bambu

gempa yang lebih rendah dibandingkan model baja.

Daktilitas struktur ditinjau dari SNI 03-2847-2002, hanya model tanpa *bracing* baja yang berada dalam rentang daktilitas parsial (1 – 5). Sementara model yang lain berada pada rentang daktilitas penuh. Hal ini ditunjukkan terlihat dari nilai-nilai daktilitas hasil perhitungan yang ditabelkan dalam **Tabel 6** sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan daktilitas dinding

Model	Perpindahan Leleh (mm)	Perpindahan Ultimit (mm)	Daktilitas perpindahan	Daktilitas perpindahan
Model <i>bracing</i> baja	0,131	8,219	62,740	77,851
Model <i>bracing</i> bambu	0,755	23,567	31,216	38,611
Model tanpa <i>bracing</i> baja	3,361	11,272	3,354	3,930
Model tanpa <i>bracing</i> bambu	1,574	13,823	8,782	10,687

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penambahan *bracing* pada portal dinding pasangan batu bata dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan dinding terhadap respon gempa. Hal ini terjadi karena *bracing* memberikan sumbangan kekuatan dalam menahan gaya tarik akibat beban gempa. Dinding pasangan batu bata bersifat hampir sama dengan beton yaitu kekuatan tekannya jauh lebih tinggi daripada kuat tariknya. Kelemahan dinding ini dapat tertutupi dengan adanya *bracing*.
2. Perbedaan waktu pemasangan *bracing* menghasilkan kekuatan yang berbeda terhadap respon gempa. *Bracing* yang dipasang dari awal pembuatan dinding dapat bertahan lebih baik terhadap beban gempa dibandingkan dengan *bracing* yang dipasang setelah dinding mengalami retak. Hal ini disebabkan karena dinding yang telah retak akibat gempa, mengalami dissipasi energi dan kelelahan struktur (*fatigue*) sehingga kekuatannya tidak sebaik dinding yang baru dibuat.
3. Bambu cukup efektif untuk digunakan sebagai pengganti tulangan baja

sebagai bahan penyusun *bracing* walaupun memiliki kekurangan dibandingkan dengan baja. *Bracing* bambu pada fase pra retak mencapai ketahanan terhadap respon gempa yang lebih baik daripada baja. Tetapi pada fase paska retak, yaitu setelah dinding bersifat non linier, bahan baja masih lebih baik digunakan sebagai *bracing*. Hal ini disebabkan karena perbedaan perilaku tegangan-regangan bambu dan baja. Bahan baja bersifat lebih daktail dan masih mempunyai ketahanan yang baik dalam menahan beban meskipun pada fase non elastis. Sedangkan bambu yang getas, setelah bersifat non elastis kemampuannya dalam menahan beban sudah jauh berkurang.

4. Pemakaian *bracing* dapat meningkatkan daktilitas dinding. Daktilitas struktur dinding dengan pemakaian *bracing* baja lebih tinggi daripada model *bracing* bambu. Hal ini disebabkan karena perbedaan daktilitas bahan baja dan bambu seperti yang telah disebutkan dalam kesimpulan no. 3 di atas. Dari semua model, hanya model tanpa *bracing* baja yang termasuk daktilitas terbatas.

Model lainnya merupakan struktur daktilitas penuh. Jadi dapat dikatakan bahwa model bambu mempunyai tingkat daktilitas yang sama dengan baja.

Saran

1. Perlu kajian teoritis yang lebih detail dalam permodelan benda uji dinding pasangan batu bata.
2. Pelaksanaan pembuatan benda uji perlu diawasi dan diperhatikan dengan lebih seksama untuk menghindari ketidaksempurnaan yang mengakibatkan penyimpangan hasil penelitian terhadap analisis teoritis.
3. Perlu tambahan tulangan untuk memperkuat daerah sambungan balok-kolom karena pada daerah tersebut akan timbul momen yang besar akibat gaya geser pada ujung atas dinding.
4. Penelitian dapat dikembangkan dengan model portal lebih dari satu lantai dan portal satu lantai dengan lebih dari satu bentangan untuk mengetahui apakah pemasangan *bracing* pada dinding pasangan batu bata akan bertindak sama dengan perilaku ikatan angin pada portal bangunan baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Calvi, G. M. and Magenes, G. 1997. Seismic Evaluation and Rehabilitation of Masonry Buildings. *Proceedings of The US-Italian Workshop on Seismic Evaluation and Retrofit* 123-132 .
- Ernawati. 2005. Perkuatan Lentur Balok Kayu Sengon dengan Menggunakan Bambu Ori dengan Perkuatan Lentur pada Bagian Tarik dan Perkuatan Lentur pada Bagian Tarik dan Tekan. Tugas Akhir. Tidak Dipublikasikan.
- Ghavami, Khosrow. 2005. Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements. *Cement and Concrete Composites* Vol 27: 637-649.
- Key, D. E. 1988. Earthquake Design Practice for Buildings. Thomas Telford. London.
- Mangkoesobroto, S. P.; Goto, T.; Amri, S. and Tambunan, S. 2005. Experimental and Numerical Study of Confined Masonry Wall Under Cyclic Loading. *ITB Central Library Code T.624.1 TAM*
- Marzahn, G. 1997. Dry Stacked Masonry in Comparison With Mortar Jointed Masonry. *Leipzig Annual Civil Engineering Report* 2: 353-365
- Paulay, T. and Priestley, M. J. N. 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Sabnis, G. M.; Harris, H. G.; White, R.N and Mirza, M.S. 1983. Structural Modeling and Experimental Technique. Prentice Hall. Inc. New Jersey. 07632.
- Schneider, R. R. and Dickey, W. L. 1994. Reinforced Masonry Design. Third Edition. Prentice Hall. Inc. New Jersey. 07632.
- Tomazevic, M. 2000. Some Aspect of Experimental Testing of Seismic Behaviour of Masonry Walls and Models of Masonry Buildings. *ISET Journal of Earthquake Technology* 404 Vol 57: 101-117.