

PERBANDINGAN MODEL PERKUATAN (TIPE H DAN D) TERHADAP MODEL NORMAL (TIPE K) DALAM MENENTUKAN DAKTILITAS CONFINED MASONRY

Comparison Between Strengthening Model (Type H and D) And Normal Model (Type K) In Defining of Confined Masonry Ductility

¹Ajun Hariono, ²Muhammad Rusli, ³Hanna Yuni Hernanti

^{1, 2, 3} Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman,

Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jl. Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40394

Surel : ¹hariono_ajun@yahoo.co.id, ²m.rusli@puskim.pu.go.id, ³hazpuccino@gmail.com

Diterima : 29 Agustus 2016; Disetujui : 11 Oktober 2016

Abstrak

Indonesia termasuk dalam wilayah yang sangat rawan bencana gempa bumi. Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi. Pencegahan kerusakan akibat gerakan tanah dapat dilakukan melalui proses perencanaan struktur dan konstruksi yang baik. Salah satu jenis sistem struktur yang banyak digunakan pada bangunan rumah di Indonesia adalah sistem confined masonry. Berdasarkan pengalaman kegempaan, daktilitas struktur merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam menjamin keamanan struktur bangunan. Hasil penelitian ini nantinya bisa digunakan sebagai alternatif teknologi struktur perkuatan daktilitas confine masonry dalam tahap perencanaan struktur. Metodologi penelitian adalah pengujian eksperimental dan analisis numerik. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian eksperimental lateral siklik skala penuh. Aspek yang dianalisa dari hasil pengujian adalah: kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Benda uji yang dibuat sebanyak 3 buah yaitu: model konvensional (K), model perkuatan horizontal (H), dan model perkuatan diagonal (D). Dari hasil pengujian dan analisa data diketahui bahwa kinerja aspek kekuatan, kekakuan dan daktilitas Model H lebih superior dari model lainnya.

Kata Kunci : Gempa bumi, confined masonry, perkuatan, tulangan horizontal, daktilitas

Abstract

Indonesia area extremely vulnerable to earthquake. Earthquakes have caused thousands of casualties, destruction and damage to thousands of infrastructure, as well as trillions of rupiah of funds for rehabilitation and reconstruction. Prevention of damage due to ground movement can be done through good structural design and construction process. One of structural system type that is widely used in Indonesian building houses were confined masonry system. Based on seismicity experience, ductility is a very important parameter to ensuring the safety of structure. Results of this study will be used as an alternative technology of confine masonry ductility enhancement in structural design process. Research methodology was experimental testing and numerical analysis. Experiment testing was lateral cyclic full scale. Analyzed aspects of the test results were: strength, stiffness and ductility. Test specimen were three pieces, namely: conventional model (K), strengthening horizontal model (H) and strengthening diagonal model (D). From the results of testing and data analysis known that the performance of strength, stiffness and ductility of H model is superior to other models.

Keywords : Earthquake, confined masonry, strengthening, horizontal reinforcement, ductility

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk wilayah yang sangat rawan bencana gempa bumi karena posisi geografisnya menempati zona tektonik yang sangat aktif, yaitu tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia. Tingginya aktivitas kegempaan ini terlihat dari

hasil rekaman dan catatan sejarah dalam rentang Tahun 1900-2009 terdapat lebih dari 14.000 gempa utama dengan magnituda $M \geq 5.0$. Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi.

Pencegahan kerusakan akibat gerakan tanah dapat dilakukan melalui proses perencanaan struktur dan konstruksi yang baik (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010).

Salah satu jenis sistem struktur yang banyak digunakan pada bangunan rumah di Indonesia adalah sistem *confined masonry*. Sistem ini mempunyai kapasitas kekuatan yang relatif baik. Berdasarkan pengalaman kegempaan, daktilitas struktur adalah salah satu parameter yang sangat penting dalam menjamin keamanan struktur bangunan.

Dalam rangka meningkatkan daktilitas sistem *confined masonry* maka alternatif perkuatan untuk peningkatan daktilitas *confined masonry* dikaji pada penelitian ini. Hasil penelitian ini nantinya bisa digunakan sebagai alternatif teknologi struktur perkuatan daktilitas *confine masonry* dalam tahap perencanaan struktur.

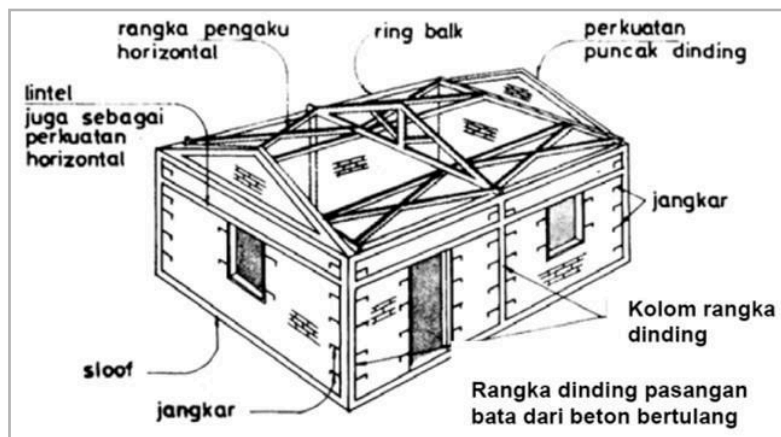
Confined Masonry

Confined masonry adalah sistem struktur yang terdiri dari dinding bata dan *frame* beton bertulang. Fungsi *frame* dalam sistem ini adalah sebagai pengekang dinding bata, yang dipasang pada semua sisi dinding.

Komponen vertikal disebut *tie-column* dan komponen horizontal disebut sebagai *tie-beam*. Fungsi dari *frame* ini berbeda jika dibandingkan dengan portal pada sistem rangka pemikul momen. *Frame* pengekang ini berfungsi untuk:

- Meningkatkan stabilitas dan integritas pasangan bata terhadap beban gempa,
- Meningkatkan kekuatan dinding bata terhadap beban gempa,
- Mengurangi kegetasan dinding bata terhadap beban gempa (Brzev, 2007).

Tipikal bangunan rumah *confined masonry* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006

Gambar 1 Tipikal Bangunan Rumah *Confined Masonry*

Pola Keruntuhan *Confined Masonry*

Kinerja *confined masonry* dipengaruhi pola keruntuhan yang terjadi. Berdasarkan observasi *confined masonry* pada bangunan rumah pascagempa maupun pengujian eksperimental, tipikal pola keruntuhan digolongkan dalam 5 kategori (Ahmad N, et al., 2012), yaitu:

- Keruntuhan yang didominasi dengan mekanisme lentur:
Biasanya terjadi pada dinding dengan rasio tinggi terhadap lebar yang besar. Keruntuhan ini berkorespondensi dengan: kegagalan tarik dinding bata dan lelehnya *tie-column* atau hancur tekan dinding bata;
- Keruntuhan yang didominasi dengan mekanisme geser:

Jenis keruntuhan ini paling umum terjadi pada bangunan rumah pascagempa maupun pengujian

eksperimental. Keruntuhan berkorespondensi dengan retak diagonal dinding bata dan retak geser *tie-column*;

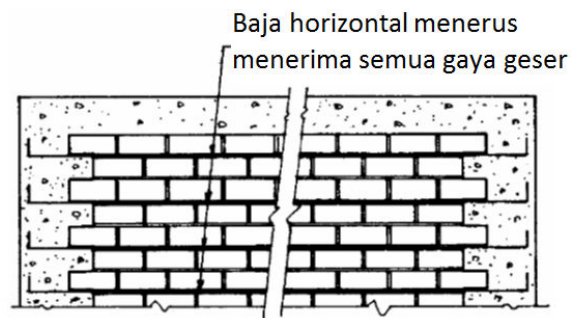
- Keruntuhan geser *sliding* dinding:
Jenis keruntuhan ini berkorespondensi dengan retak pada *bed-joint* dan retak geser *tie-column*. Jenis keruntuhan ini biasanya terjadi jika mutu mortar lemah dan beban gravitasi pada dinding relatif kecil;
- Keruntuhan tekan dinding:
Keruntuhan ini berkorespondensi dengan hancur tekan kaki dinding bata selanjutnya diikuti dengan runtuh geser *tie-column*. Biasanya terjadi jika mutu bata relatif kecil;
- Keruntuhan geser *tie-column* prematur:
Umumnya terjadi jika angkur *frame* pengekang kurang.

Penelitian Terdahulu Mengenai Perkuatan Daktilitas Pada *Confined Masonry*

Riset pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa perkuatan dengan tulangan horizontal memberikan perbaikan kinerja yang ditunjukkan dengan kapasitas deformasi yang besar dan pengurangan degradasi kekakuan pada benda uji (G. Angular, et al., 1996), selain itu terjadi juga peningkatan daktilitas, dalam hal ini tulangan horizontal yang dipasang berfungsi untuk menahan seluruh gaya geser yang ada. Perkuatan dengan tulangan horizontal pada *confined masonry* ditunjukkan pada Gambar 2.

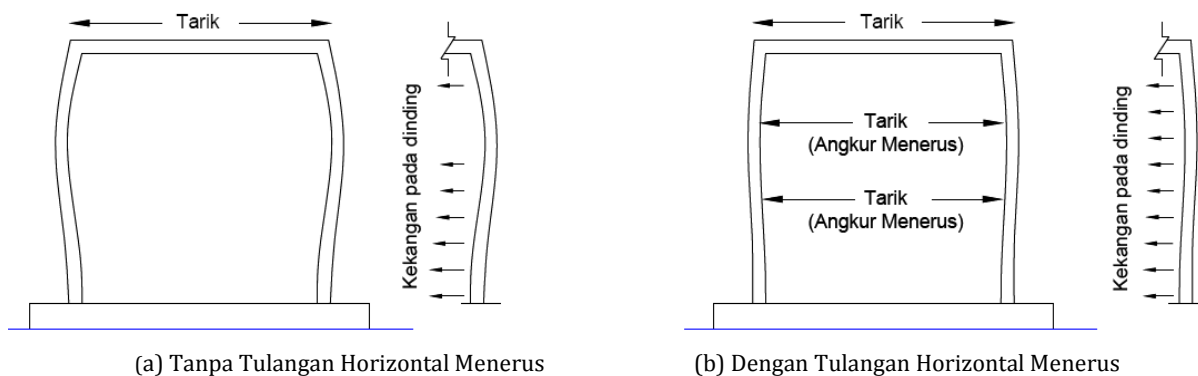
Selain menahan gaya geser, tulangan horizontal juga dapat difungsikan untuk mengurangi efek *bulging*, yang mana *bulging* pada *tie-column* mengakibatkan berkurangnya kekakuan pada

dinding sehingga dapat menurunkan kekuatan dinding. Mekanisme tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Sumber: Svetlana Brzev, 2007

Gambar 2 Perkuatan dengan Tulangan Horizontal pada *Confined Masonry*



Sumber: Ida I Dewa G dan Wira Wijaya, 2009

Gambar 3 Mekanisme *Bulging* pada *Confined Masonry*

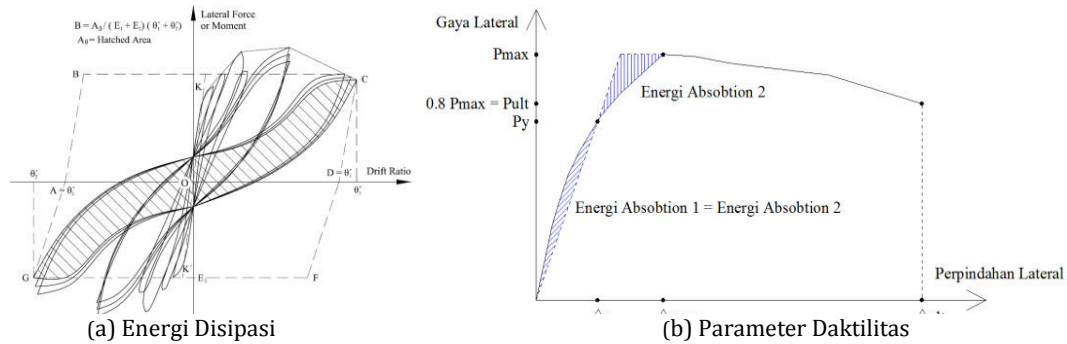
Penilaian Kinerja *Confined Masonry*

Parameter struktur yang perlu diperhatikan agar handal terhadap beban gempa yaitu: kekuatan, kekakuan dan daktilitas (T. Paulay, et al., 1992). Dalam menilai kinerja *confined masonry* ini, beberapa parameter dianalisa, yaitu:

- Degradasi Kekuatan
Kekuatan benda uji berasal dari dinding bata dan *frame* pengekang. Selama proses pembebanan, kerusakan terjadi, sehingga terjadi penurunan kekuatan pada benda uji di tiap siklus.
- Degradasi Kekakuan
Selama proses pembebanan, penurunan kekakuan pada benda uji di tiap siklus juga terjadi. Kekakuan benda uji pada suatu siklus pembebanan didefinisikan sebagai kemiringan garis yang menghubungkan titik puncak terhadap pusat koordinat pada siklus.
- Energi Disipasi
Energi total yang diberikan kepada struktur pada suatu pembebanan disebut energi input (E_i). Sebagian energi input yang diberikan

diserap/didisipasi melalui mekanisme kerusakan berupa keretakan struktur dan kelelahan tulangan (E_d). Sisa energi yang lain disebut energi elastis (E_e).

- Pada kurva histeretik, energi disipasi diidentifikasi sebagai luas daerah yang dibatasi kurva tertutup histeresis beban-perpindahan (FEMA, 2003). Seperti ditunjukkan pada Gambar 4(a).
- Daktilitas
Daktilitas struktur didefinisikan sebagai kemampuan struktur untuk mengalami deformasi inelastik tanpa mengalami kehilangan kekakuan yang signifikan. Secara umum daktilitas dinyatakan sebagai perbandingan antara perpindahan ultimit dan perpindahan leleh. Perpindahan ultimit adalah perpindahan saat kekuatan puncak telah turun sebesar 20% (FEMA, 2003), sedangkan perpindahan leleh diperoleh dengan metode *equal energy absorption*. Prosedur analisis perpindahan ultimit dan perpindahan leleh ditunjukkan pada Gambar 4(b).



Gambar 4 Daktilitas Benda Uji

METODE

Deskripsi Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian eksperimental lateral siklik skala penuh. Selain pengujian tersebut, dilakukan juga pengujian karakteristik material benda uji yang meliputi:

- Pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-1990 (BSN, 1990),
- Pengujian kuat tekan mortar berdasarkan SNI 03-6825-2002 (BSN, 2002),
- Pengujian kuat tekan bata berdasarkan SNI 15-2094-2000 (BSN, 2000),
- Pengujian tarik baja (tulangan dan *sling*) berdasarkan SNI 07-2529-1991 (BSN, 1991).

Deskripsi Benda Uji

Benda uji berjumlah 3 buah skala penuh. Dengan deskripsi sebagai berikut:

- Benda uji model konvensional (K)
Benda uji merupakan tipikal struktur *confined masonry* untuk bangunan rumah yang ada di lapangan. (Laksono dan Megantara, 2013).
- Benda uji model perkuatan horizontal (H)
Benda uji adalah sistem *confined masonry* yang dilengkapi dengan tambahan perkuatan tulangan horizontal.
Perkuatan dengan tulangan horizontal ini dipasang dengan cara melilitkan *sling* baja ke

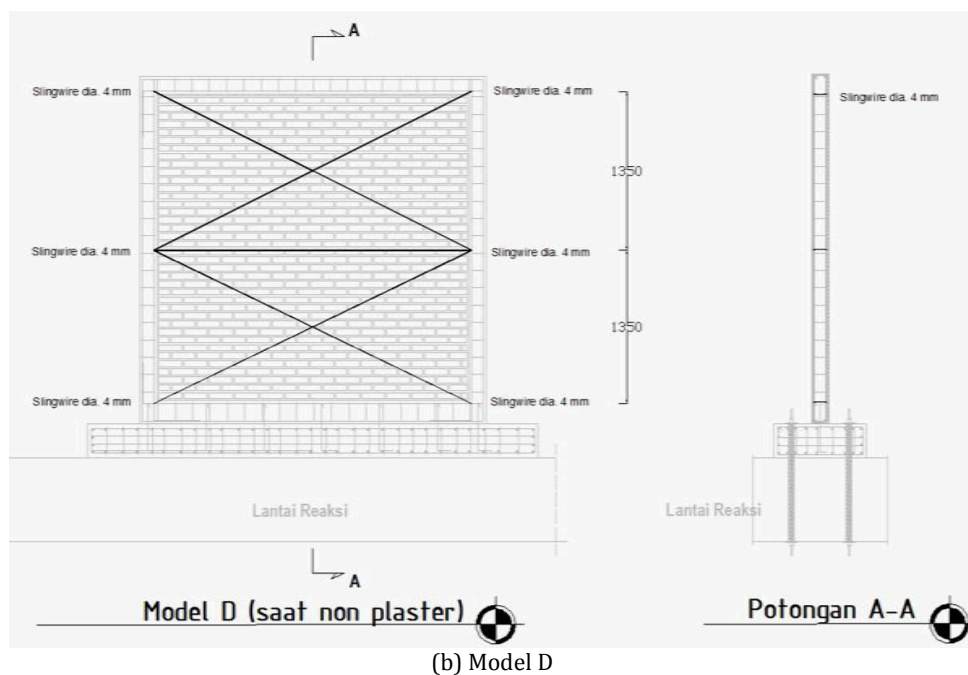
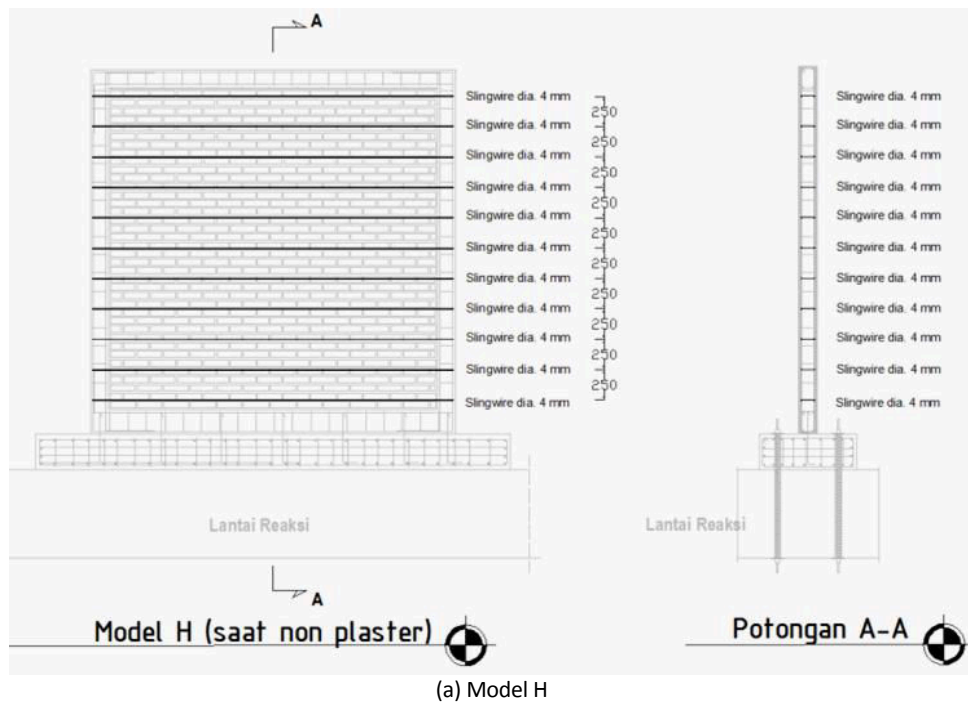
perimeter *confine masonry* dengan pengulangan ke arah vertikal. Setiap penulangan horizontal ini di kunci dengan klem penjepit. Perkuatan ini bertendensi meningkatkan kinerja aspek kekuatan dan daktilitas pada bidang *in plane*. Selain itu juga menambah kekuatan dalam mengatasi *out of plane bending*. *Sling* yang digunakan berdiameter 4 mm, yang dipasang pada benda uji setelah dinding bata dan *frame* pengeang terbangun. Setelah *sling* terpasang, benda uji kemudian di plester. Metode ini bisa digunakan untuk memperkuat *confine masonry* eksisting di lapangan.

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

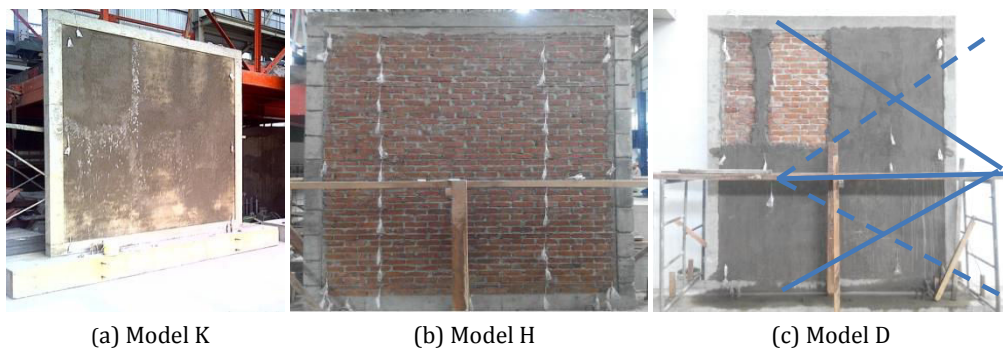
Karena benda uji disusun dari material yang *un-isotropic* dan ada deviasi mutu maupun geometri, maka dalam penelitian ini yang di bandingkan adalah perilaku antar model. Detail deskripsi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5 hingga Gambar 7.

Tabel 1 Deskripsi Benda Uji

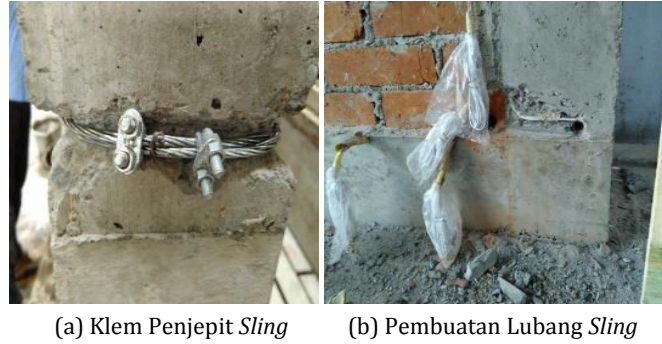
No	Tipe Benda Uji/ Model	Frame Pengaku								Dinding Bata			Konfigurasi Perkuatan
		Tie-Column				Tie-Beam				Tebal (mm)			
		Dimensi (mm)	Bentang (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	Dimensi (mm)	Bentang (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	Siar ver.	Siar hor.	Plaster tiap sisi	
1	K	150 x 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 250 mm, polos	150 x 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 250 mm, polos	10	10	10	Nul
2	H	120 x 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 200 mm, polos	120 / 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 200 mm, polos	10	10	10	Horizontal
3	D	120 x 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 200 mm, polos	120 / 150	3.000	4 diameter 10 mm, polos	Diameter 8 - 200 mm, polos	10	10	10	Diagonal



Gambar 5 Gambar Teknis Benda Uji



Gambar 6 Foto Benda Uji



Gambar 7 (a) dan (b) Foto Tipikal Prosedur Pemasangan *Sling* Perkuatan pada Benda Uji

Persiapan Pengujian dan Instrumentasi

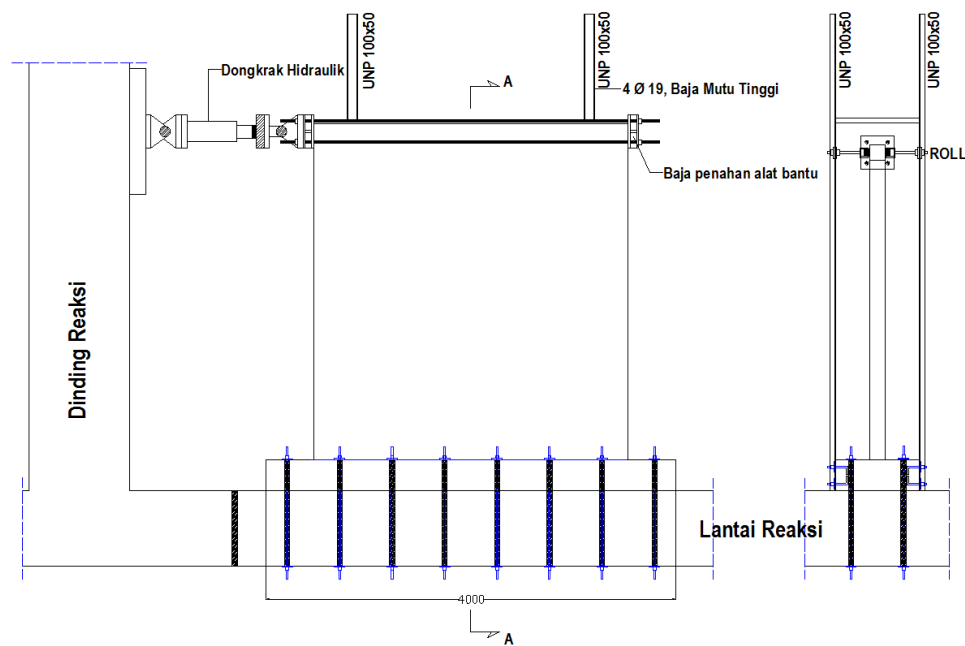
Pembebanan gempa disimulasikan dengan dorongan beban lateral yang berasal dari *hydraulic actuator*. Reaksi dorongan *hydraulic actuator* ditahan oleh *reaction wall*. Benda uji diikat pada *reaction floor* sebagai penerima reaksi beban. Tipikal setting *hydraulic actuator* dan benda uji ditunjukkan pada Gambar 8(a).

Parameter perilaku struktur diwakili dengan variabel perpindahan dan regangan yang direkam

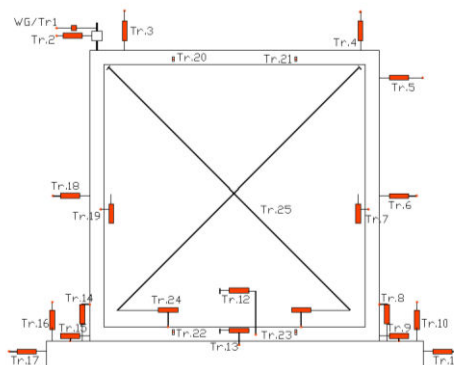
dengan menggunakan instrumen antara lain: *Linear Variable Differential Transducer* (LVDT) dan *Strain Gauge*. Tipikal setting LVDT dan *Strain Gauge* ditunjukkan pada Gambar 8(b) hingga 8(d).

Prosedur Pengujian

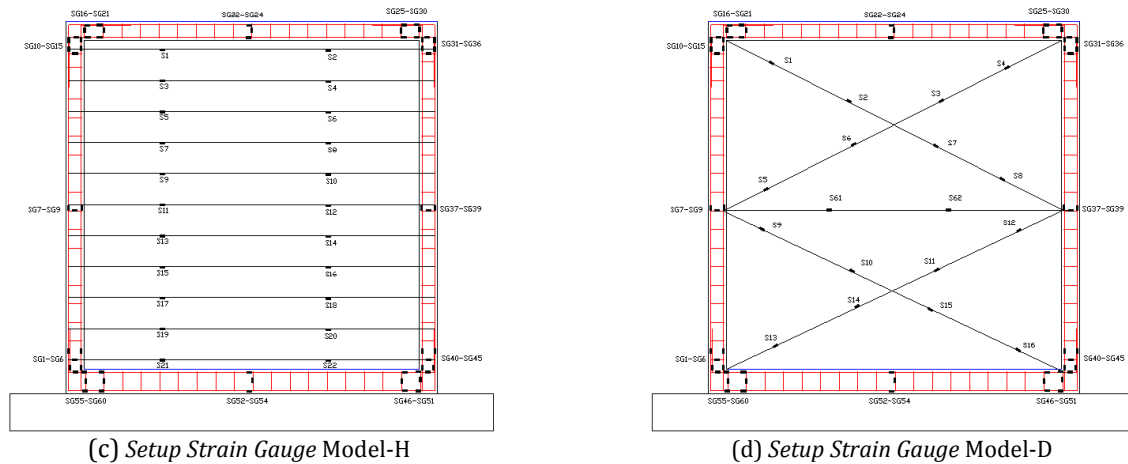
Pengujian dilakukan dengan memberikan beban *quasi-static* pada bidang *in plane* dinding. Mekanisme pembebanan adalah menggunakan *displacement control*. Tipikal pola beban seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



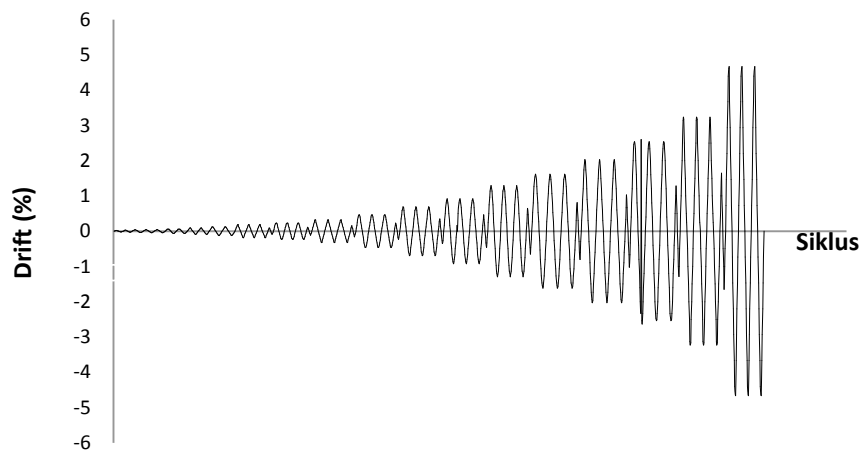
(a) Setup Hydraulic Actuator



(b) Setup LVDT



Gambar 8 (a), (b), (c), Setup Hydraulic Actuator, LVDT, dan Strain Gauge



Gambar 9 Tipikal Pola Beban Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Material

Berdasarkan hasil pengujian material diperoleh informasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil Pengujian Lateral Siklik *Confined Masonry* Histeritik Benda uji

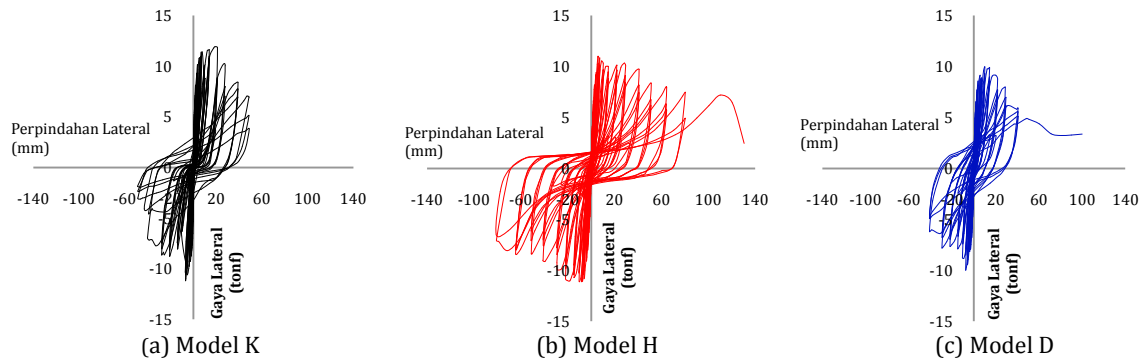
Kurva histeritik benda uji model K disajikan pada gambar 10(a), yang mana bentuk kurva saat dorong dan tarik relatif sama. Keretakan awal dinding bata terjadi pada *drift* 0,028% (simpangan 0,84 mm), respon kekuatan maksimum terjadi pada *drift* 0,634% (simpangan 19,02 mm) dengan tahanan lateral sebesar 11,929 tonf (dorong). Pola keruntuhan akhir yang ada cenderung ke pola keruntuhan yang didominasi dengan mekanisme geser.

Kurva histeritik benda uji model H disajikan pada gambar 10(b), yang mana bentuk kurva saat dorong dan tarik relatif sama. Keretakan awal dinding bata terjadi pada *drift* 0,033% (simpangan 0,99 mm), respon kekuatan maksimum terjadi pada *drift* 0,196% (simpangan 5,88 mm) dengan tahanan lateral sebesar 10,93 tonf (dorong). Pola keruntuhan akhir yang ada cenderung ke pola keruntuhan yang didominasi dengan mekanisme geser.

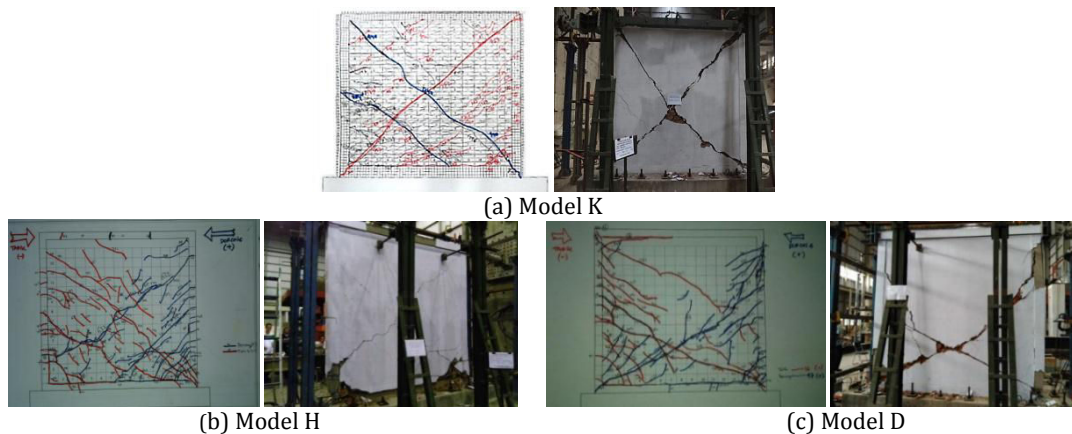
Kurva histeritik benda uji model D disajikan pada gambar 10(c), dimana bentuk kurva saat dorong dan tarik relatif sama. Keretakan awal dinding bata terjadi pada *drift* 0,04% (simpangan 1,2 mm), respon kekuatan maksimum terjadi pada *drift* 0,341% (simpangan 10,23 mm) dengan tahanan lateral sebesar 9,94 tonf (dorong). Pola keruntuhan akhir yang ada cenderung ke pola keruntuhan yang didominasi dengan mekanisme geser. Pola geser diagonal berada di *slings* diagonal bagian bawah.

Tabel 2 Hasil Pengujian Material Benda Uji

Karakteristik Material				Nilai					
Jenis Material	Model Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Uraian	Min.	Maks.	Range	Rata-rata	Standar Deviasi	Variasi
Baja	Tulangan diameter 10 mm, polos	H, D 3 buah	Diameter (mm)	9,80	9,98	0,18	9,90	0,09	0,01
			Berat isi (kg/m ³)	7.236,09	7.600,43	364,34	7.378,58	194,70	37.908,79
			Regangan leleh (%)	0,31	0,39	0,07	0,36	0,04	0,00
			Regangan ultimit (%)	7,50	8,14	0,64	7,75	0,34	0,11
			Teg. tarik leleh (Mpa)	313,20	337,31	24,11	322,82	12,77	163,09
			Teg. tarik ultimit (Mpa)	465,32	490,19	24,87	476,78	12,55	157,50
	Tulangan diameter 8 mm, polos	H,D 3 buah	Diameter (mm)	7,91	7,98	0,07	7,95	0,04	0,00
			Berat isi (kg/m ³)	7.378,34	8.016,34	638,00	7.770,48	343,23	117.807,25
			Regangan leleh (%)	0,14	0,27	0,12	0,21	0,06	0,00
			Regangan ultimit (%)	6,78	8,39	1,61	7,77	0,87	0,75
			Teg. tarik leleh (Mpa)	219,94	242,16	22,22	234,28	12,44	154,75
			Teg. tarik ultimit (Mpa)	349,90	401,22	51,33	384,00	29,54	872,39
	Sling diameter 4 mm	H, D 3 buah	Diameter (mm)	3,55	3,55	-	3,55	-	-
			Berat isi (kg/m ³)	6,267,20	6.274,27	7,07	6.270,83	3,54	12,53
			Regangan ultimit (%)	0,85	1,13	0,29	1,00	0,14	0,02
			Teg. tarik ultimit (Mpa)	757,73	777,94	20,21	764,47	11,67	136,10
Beton	K	3 buah	Berat isi (kg/m ³)	1,752,27	1.795,88	43,61	1.774,00	21,81	475,46
			Kuat Tekan (Mpa)	4,88	7,07	2,19	6,04	1,10	1,21
	H	4 buah	Berat isi (kg/m ³)	2,101,96	2.125,08	23,12	2.109,73	10,43	108,78
			Kuat Tekan (Mpa)	19,71	21,24	1,53	20,53	0,69	0,48
	D	4 buah	Berat isi (kg/m ³)	2,139,11	2.181,03	41,92	2.154,55	19,08	363,92
			Kuat Tekan (Mpa)	27,08	31,11	4,03	29,08	1,65	2,71
Mortar	K	3 buah	Berat isi (kg/m ³)	1.749,53	1.891,99	142,46	1.805,18	76,17	5,801,38
			Kuat Tekan (Mpa)	6,29	9,83	3,54	7,73	1,86	3,46
	H	5 buah	Berat isi (kg/m ³)	1.900,71	2.053,05	152,35	1.967,50	76,49	5.851,22
			Kuat Tekan (Mpa)	5,15	5,99	0,84	5,56	0,36	0,13
	D	5 buah	Berat isi (kg/m ³)	1.758,28	1.799,58	41,30	1.784,71	16,92	286,23
			Kuat Tekan (Mpa)	4,83	13,94	9,10	10,48	3,44	11,85
Bata	K	3 buah	Berat isi (kg/m ³)	1.624,24	1.785,68	161,44	1.685,09	87,75	7.700,12
			Kuat Tekan (Mpa)	2,29	2,52	0,23	2,44	0,13	0,02
	H, D	10 buah	Berat isi (kg/m ³)	1.580,44	1.683,84	103,40	1.631,44	36,01	1.296,94
			Kuat Tekan (Mpa)	1,22	4,01	2,79	2,69	0,85	0,72



Gambar 10 Kurva Histeritik Benda Uji (tiap siklus pembebanan)



Gambar 11 Pola Retak Benda Uji

Envelope Kurva Histeritik dan Degradasi Kekuatan Benda Uji

Bentuk envelope kurva histeritik relatif serupa untuk kondisi dorong dan tarik, urutan kekuatan maksimum benda uji berturut-turut adalah Model K, Model H, dan Model D ditunjukkan pada Gambar 12(a).

Perilaku aspek kekuatan bisa diketahui dari grafik degradasi kekuatan, dimana Model K dan Model D mempunyai sifat yang relatif sama, sedangkan kapasitas kekuatan yang relatif lebih baik ditunjukkan oleh Model H seperti terlihat pada Gambar 12(b).

Degradasi Kekakuan

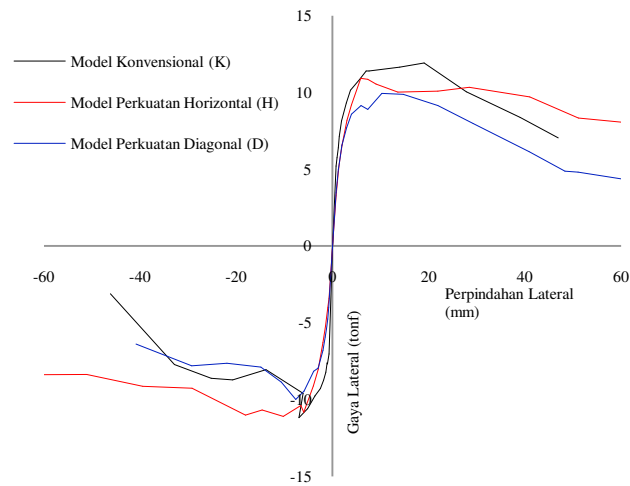
Perilaku aspek kekakuan bisa diketahui dari grafik degradasi kekakuan seperti ditunjukkan pada Gambar 13, dimana Model K dan D mempunyai sifat yang relatif sama, sedangkan kapasitas kekakuan yg relatif lebih baik ditunjukkan oleh Model H.

Energi Disipasi

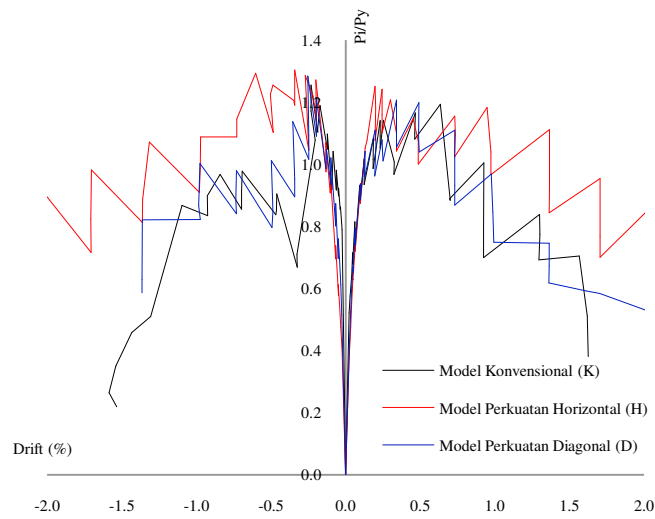
Urutan besaran energi input kumulatif yang bisa diterima oleh benda uji berturut-turut adalah Model D, Model H, dan Model K. Urutan besaran energi disipasi kumulatif yang bisa diterima oleh benda uji berturut-turut adalah Model D, Model K, dan Model H, yang mana besaran energi disipasi kumulatif Model K dan Model H relatif sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 14(a). Perilaku aspek energi bisa diketahui dari grafik rasio E_d terhadap E_i , dimana urutan besaran rasio E_d terhadap E_i benda uji berturut-turut yaitu Model K, Model D, dan Model H seperti ditunjukkan pada Gambar 14(b), dengan kata lain Model K mempunyai keruntuhan yang getas (energi input relatif sama dengan energi disipasi), Model D lebih daktail dan Model H paling daktail.

Daktalitas

Nilai daktalitas rata-rata dari ketiga model uji disajikan pada Tabel 3, dimana daktalitas tertinggi dimiliki oleh Model D yaitu sebesar 14,76, sedangkan daktalitas Model K dan Model D relatif sama yaitu 6,66 dan 6,55.

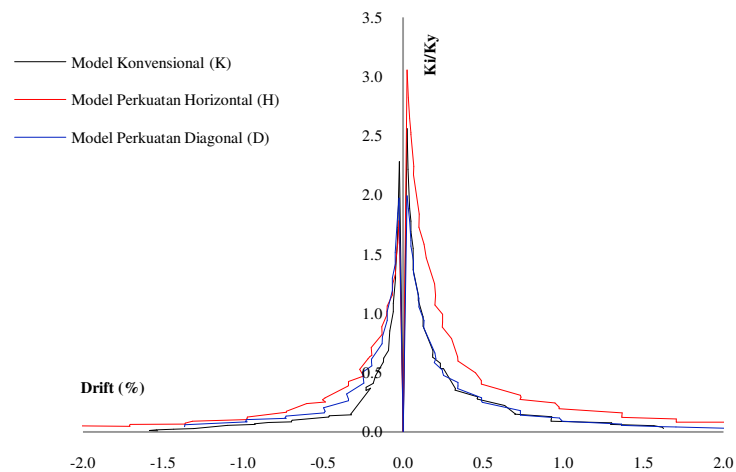


(a) Envelope Kurva Histeritik (tiap drift pembebanan)

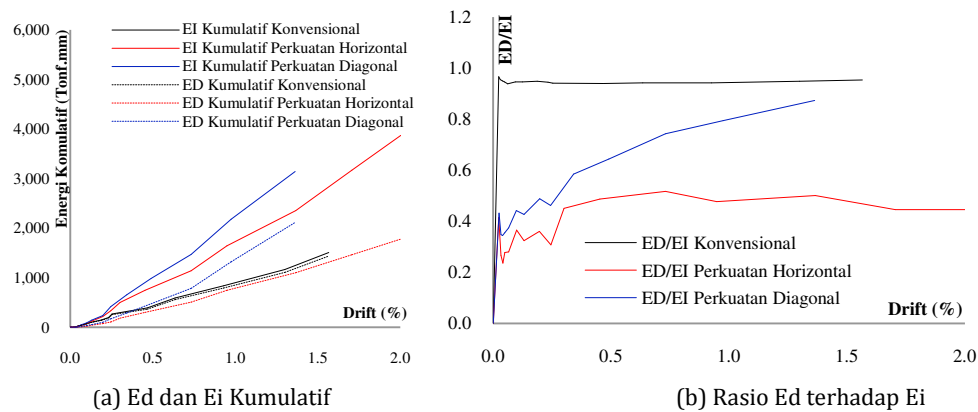


(b) Degradasi Kekuatan (tiap siklus pembebanan)

Gambar 12 Envelope Kurva Histeritik Benda Uji



Gambar 13 Degradasi Kekakuan (tiap siklus pembebanan)

Gambar 14 Energi Benda Uji (tiap *drift* pembebanan)

Tabel 3 Daktilitas Perpindahan Benda Uji

No	Tipe Model	Kondisi Leleh				Kondisi Maksimum				Kondisi Ultimit				Daktilitas Perpindahan		
		P+	d+	P-	d-	P+	d+	P-	d-	P+	d+	P-	d-	d+	d-	Rata-rata
1	K	10,00	3,54	8,91	2,08	11,93	4,23	11,18	6,96	9,54	31,17	8,95	9,38	8,81	4,51	6,66
2	H	7,95	2,84	8,52	3,44	10,93	5,88	11,10	10,26	8,74	48,15	88,80	43,24	16,95	12,57	14,76
3	D	8,24	3,54	7,94	2,99	9,94	10,23	10,00	7,62	7,97	29,32	8,00	14,38	8,28	4,81	6,55

Keterangan:

P adalah gaya lateral (tonf)

d adalah perpindahan lateral (mm)

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa data diketahui bahwa kinerja aspek kekuatan, kekakuan dan daktilitas Model H lebih superior dari model lainnya.

Saran

Untuk mengetahui efektifitas Model H, perlu dikaji lebih lanjut terkait aspek rasio *sling* baja yang diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh kegiatan Inovasi Teknologi dan Manajemen Permukiman Tahun Anggaran 2015 dengan anggota tim Ajun Hariono, M. Rusli dan Hanna Yuni Hernanti. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada institusi Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman khususnya Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, jajarannya serta Mitra Bestari Jurnal Permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

[FEMA]. "The Building Seismic Safety Council-Federal Emergency Management Agency (Fema) 450." Washington: National Institute of Building Science, 2003.

[Pd-T]. "Pedoman Teknis dan Bangunan Gedung Tahan Gempa Tahun 2006." edited by Direktorat Jenderal Cipta Karya. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2006.

[SNI], Badan Standardisasi Nasional. "Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Beton." Jakarta, 1990.

———. "Standar Nasional Indonesia 03-6825-2002 Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil." Jakarta, 2002.

———. "Standar Nasional Indonesia 03-6825-2002 Metode Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil." Jakarta, 2002.

———. "Standar Nasional Indonesia 07-2529-1991 Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton." Jakarta, 1991.

———. "Standar Nasional Indonesia 15-2094-2000 Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding." Jakarta, 2000.

Aguilar, G, and R Meli. "Influence of Horizontal Reinforcement on the Behavior of Confined Masonry Walls." In Eleventh World Conference on Earthquake Engineering: Elsevier Science Ltd, 1996.

Ahmad, N., Q. Ali, M. Ashraf, A. Naeem Khan, and B. Alam. "Performance Assessment of Low-Rise Confined Masonry Structures for Earthquake Induced Ground Motions." International Journal of Civil and Structural Engineering Volume 2, No 3, no. 3 (2012): 851-68.

- Brzev, Svetlana. Earthquake Resistant Confined Masonry Construction. India: National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE), 2007.
- Gede, Ida I Dewa, and W. Wijaya. "Kajian Eksperimental Kinerja Dinding Bata Terkekang Portal Beton Bertulang." Thesis, Institut Teknologi Bandung, 2009.
- Hawkins, Neil M., and S.K. Ghosh. "Acceptance Criteria for Special Precast Concrete Structural Walls Based on Validating Testing." *PCI Journal* 49, no. 5 (September-October 2004): 78-92.
- Irsyam, Masyhur, and et.al. Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
- Pangarso Laksono, A., Megantara. "Batu Bata Interlok Sebagai Geometri Alternatif Batu Bata." Laporan Akhir Inovasi Teknologi dan Manajemen Permukiman Tahun Anggaran 2013. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.
- Paulay, T., and N. Priestley. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. USA: John Wiley & Son, Inc, 1991.