

**PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BEBAN RUNTUH DINDING
BATA TERKEKANG (*Confined Masonry*) YANG DIBEKANI
SECARA SIKLIK LATERAL**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



JALU NARAYANA
NIM. 115060101111003

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BEBAN RUNTUH DINDING BATA
TERKEKANG (*Confined Masonry*) YANG DIBEKANI SECARA SIKLIK
LATERAL**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



JALU NARAYANA
NIM. 115060101111003

Skripsi initelah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 28 Juli 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS.
NIP. 19511211 198103 2 001

Christin Remayanti N., ST, MT
NIP. 19840325 2015 04 2001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Indradi W, ST., M.Eng (Prac)
NIP. 19810220 200604 1 002



LEMBAR ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juni 2016

Mahasiswa,

JALU NARAYANA

NIM. 115060101111003





HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :

Pengaruh letak bukaan pada beban runtuh dinding bata terkekang (*Confined Masonry*) yang dibebani secara siklik lateral

Nama Mahasiswa : Jalu Narayana

NIM. : 1150601001111003

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

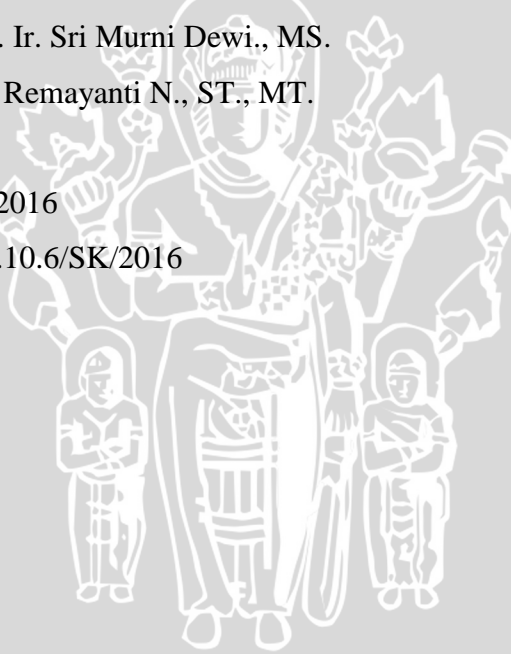
Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi., MS.

Dosen Penguji 3 : Christin Remayanti N., ST., MT.

Tanggal Ujian : 16 Juni 2016

SK Penguji : 742/UN.10.6/SK/2016





RIWAYAT HIDUP

Jalu Narayana, kelahiran Tulungagung, 08 November 1992, merupakan putra pertama dari dua bersaudara dari pasangan Suprpto dan Riyuliantin. Mulai mengenyam pendidikan dasar di SDN 2 Tanjung, Kabupaten Tabalong sejak tahun 1999 dan lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Tanjung dan lulus pada tahun 2008. Selepas pendidikan menengah pertama, melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Tulungagung hingga tahun 2011.

Pada masa kecilnya sering membuat gambar mesin yang sering digunakan sebagai alat bantu membajak sawah, kemudian pada satu titik memutuskan untuk melanjutkan pendidikan di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Malang, Juni 2016

Penyusun



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

PENGARUH LETAK BUKAAN PADA BEBAN RUNTUH DINDING BATA TERKEKANG (*Confined Masonry*) YANG DIBEKANI SECARA SIKLIK LATERAL

Studi ini merupakan bentuk implementasi bidang keahlian struktur. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Wisnumurti, selaku dosen yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk terlibat dalam penelitian
2. Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi MS dan Christin Remayanti N. ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
3. Ir. Sugeng P. Budio, MS., dan Ir. Siti Nurlina, MT., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, yang telah membimbing dari awal perkuliahan hingga tugas akhir ini.
4. Dr.Eng. Indradi W, ST., M.Eng (Prac), selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Brawijaya, yang telah memberikan kemudahan dalam pengerjaan penelitian kami ini
5. Staf Kependidikan jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
6. Ibu, Bapak, Kakak, dan segenap keluarga yang telah memberi bantuan moral dan materi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Partner dalam penelitian Putra Adi Nugraha yang berjuang bersama untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Jono, seluruh anggota dari Sekawan Sakti beserta teman-teman mahasiswa yang membantu pada penelitian ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan, khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa sebagai tambahan ilmu pengetahuan. Apabila terdapat kekurangan pada penulisan tugas akhir ini, penulis mohon maaf. Terima Kasih.

Malang, Juni 2016

Penyusun





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
Ringkasan	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II LANDASAN TEORI	3
2.1 Dinding Pengisi.....	3
2.2 Mortar	3
2.3 Batu Bata.....	3
2.4 Perilaku Batu Bata Ketika dibebani	3
2.5 Dinding bata terkekang	4
2.6 Tekan Pada Bata	4
2.7 Dinding Bata Terkekang vs. Dinding Pengisi (Bata).....	5
2.7.1 Perbedaan Perilaku Mekanik Dinding Bata Terkekang dan Portal dengan Pasangan Bata sebagai Pengisi.....	5
2.7.2 Kinerja Dinding Terkekang Ketika Menerima Beban.....	7
2.7.3 Contoh Kegagalan pada Dinding Bata Terkekang	9
2.8 Beban Gempa (Beban Lateral).....	10
2.9 Perkuatan.....	12
2.10 Protokol Uji.....	12
2.11 Pemodelan.....	12
2.12 Kegagalan/Kehancuran dinding	12
2.13 Data Sekunder	14
2.14 Pengujian Kuat Tekan Prisma Bata (ASTM C-1314).....	14
2.15 Koreksi dalam kuat tekan mortar dan beton pengekan	15
2.16 Pengujian kuat tekan kubus bata (SNI-15-2094-2000).....	16
2.17 Pengujian kuat geser dinding (ASTM-E 519)	17
2.18 Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Terkekang.....	18
2.19 Perhitungan Koreksi pada <i>Drift</i> /Nilai Δ	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Rancangan Penelitian.....	21
3.2. Tempat dan waktu penelitian	21
3.3. Alat dan Bahan.....	21
3.3.1. Alat	21
3.3.2. Bahan	22
3.4. Benda Uji	22
3.5. Metode Uji ASTM E 2126-05	25
3.6. Flowchart Penelitian	27
3.7. Prosedur Penelitian	31

3.8. Variabel Bebas	32
3.9. Tabel Rencana Pengujian	32
3.10.1. Variabel Terikat	32
3.10.2. Variabel Terkontrol	32
3.10. Hipotesis	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Analisa Elemen Pengisi Dinding Terkekang.....	35
4.1.1. Pengukuran Fisik Pada Dinding.....	35
4.1.2. Pengukuran Fisik Bata Merah	37
4.2. Pengujian Material Bahan Penyusun pada Dinding Bata Terkekang.....	40
4.2.1. Hasil Pengujian Tekan pada Elemen Pengekang Dinding (Kolom).....	40
4.2.2. Uji Tekan pada Material Balok Sloof dengan Metode SNI-03-2847-2002.....	41
4.2.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar pada Dinding Terkekang	41
4.2.4. Karakteristik Mekanik Bata Merah	43
4.2.5. Uji Kuat Tekan Kubus Bata Merah Metode SNI 15-2094-2000 ...	45
4.2.6. Pengujian Kuat Tekan Prisma dengan Metode ASTM C-1314.....	47
4.2.7. Pengujian Kuat Geser Prima pada Dinding Terkekang berdasarkan Metode ASTM E519-02.....	48
4.3. Kapasitas Runtuh pada Dinding Terkekang	50
4.3.1. Kajian Teoritis Kapasitas Beban Lateral pada Dinding Bata Terkekang.....	50
4.3.2. Hasil Eksperimen Laboratorium pada Kapasitas Runtuh Dinding Terkekang.....	50
4.3.3. Penurunan dan Peningkatan Kapasitas Runtuh pada Dinding Terkekang akibat Bukaan.....	52
4.4. Pola Kurva Histeristik Dinding Terkekang yang Terjadi Akibat Perbedaan Kapasitas Runtuh.....	53
4.5. Pembagian Luasan Dinding Berdasarkan Pola Retak	55
BAB V PENUTUP.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61
Lampiran 1 - Rata-rata potongan penampang/crossectional area pada dinding.....	61
a) Pengukuran Bata Merah Terskala	61
b) Pengukuran Bata Merah Asli	62
Lampiran 2 - Pengujian Kuat Tekan (Kolom) sebagai Pengekang	63
Lampiran 3 - Pengujian Kuat Tekan (Balok Sloof) sebagai Pengekang.....	64
Lampiran 4 - Pengujian Kuat Tekan Mortar pada Dinding Terkekang	65
Lampiran 5 - Pengujian Tarik pada Bata Merah	66
a) Statistik Pengujian Tarik Bata secara Empirik.....	66
Lampiran 6 - Pengujian Tekan Tegak Lurus Sumbu Kuat pada Bata Merah	67
Lampiran 7 - Pengujian Kuat Tekan Prisma Kubus Bata Merah (SNI 15-2094-2000) ..	68
a) Sampel K-3.1	68
b) Sampel K-3.2.....	70
c) Sampel K-3.3.....	72
d) Sampel K-3.4.....	74

e) Sampel K-3.5	76
Lampiran 8 - Statistik dan Nilai Rasio Pengukuran pada Sampel Kubus Bata.....	78
a) Pengukuran pada Kubus Bata Terskala	78
b) Pengukuran Sampel Kubus Asli	78
c) Rasio Nilai Pengukuran Kubus Asli terhadap Kubus Terskala	78
Lampiran 9 - Pengujian Tekan Prisma Bata (ASTM-C-1314)	79
a) Pengujian pada sampel terskala (Pr-K.1.1).....	79
b) Pengujian pada sampel terskala (Pr-K.1.2).....	82
c) Pengujian pada Sampel Terskala (Pr-K1.3).....	84
d) Pengujian pada Sample Terskala (Pr-K1.4).....	87
e) Pengujian pada Sample Terskala (Pr-K1.5).....	89
f) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.1)	93
g) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.2)	95
h) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.3)	96
i) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.4)	97
j) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.5)	98
Lampiran 11 - Nilai Kuat Tekan dan Rasio Kuat Tekan Prisma pada Pengujian ASTM-C1314 pada Kondisi Asli dan Terskala	100
Lampiran 12 – Pengujian Kuat Geser pada Prisma Bata Merah	101
a) Pengujian Kuat Geser Prisma Bata Pr-K2.7	101
b) Pengujian Kuat Geser Prisma Pr-K2.8.....	103
c) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.9	105
d) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.10	107
e) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.11	109
f) Statistik Pengujian Geser	110
Lampiran 13 – Contoh Perhitungan Δ terkoreksi	111
Lampiran 14 - Kapasitas Maksimum Beban Runtuh Dinding Terkekang pada Drift 1% (12 mm)	112
a) Hasil pengujian siklik	112
b) Nilai rata-rata hasil pengujian.....	112
c) Nilai standar deviasi pada pengujian siklik	113
d) Nilai <i>COV</i> pada pengujian siklik	113
Lampiran 15 - Contoh Perhitungan Teoristis Kapasitas Runtuh Dinding	114
a) Perhitungan menggunakan persamaan Meli <i>et al</i>	114
b) Perhitungan menggunakan persamaan dari Wisnumurti <i>et al</i>	116

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Parameter performa suatu bangunan menurut FEMA-356.....	13
Tabel 2.2.	Kapasitas kekuatan maksimum dinding.....	14
Tabel 2.3.	Faktor koreksi tinggi terhadap ketebalan sampel prisma.....	15
Tabel 2.4.	Tabel faktor umur untuk pengujian tekan.....	15
Tabel 2.5.	Tabel koreksi bentuk pada pengujian tekan.....	15
Tabel 2.6.	Nilai Vm (Kuat geser) dari pasangan bata.....	18
Tabel 3.1.	Penggunaan Skala pada Model Dinding.....	22
Tabel 3.2.	Tabulasi kekuatan yang digunakan.....	24
Tabel 3.3.	Nilai perpindahan.....	25
Tabel 3.4.	Penyesuaian pola dari metode B (ASTM E-2126).....	26
Tabel 4.1.	Hasil pengukuran dinding.....	36
Tabel 4.2.	Hasil pengukuran dimensi bata asli dan terskala.....	38
Tabel 4.3.	Jenis pengujian pada dinding.....	40
Tabel 4.4.	Tabel Uji kuat tekan kolom pengeang.....	40
Tabel 4.5.	Data hasil uji kuat tekan beton sloof.....	41
Tabel 4.6.	Data kuat tekan mortar.....	42
Tabel 4.7.	Hasil uji lentur bata terskala.....	44
Tabel 4.8.	Hasil uji tekan tegak lurus sumbu kuat.....	44
Tabel 4.9.	Hasil Uji Tekan Prisma Kubus Bata.....	46
Tabel 4.10.	Hasil uji tekan lapis prisma.....	47
Tabel 4.11.	Tabel hasil pengujian kuat geser pasangan dinding.....	49
Tabel 4.12.	Hasil perhitungan kuat geser secara empirik.....	50
Tabel 4.13.	Hasil pengujian kapasitas geser dinding terkekang dengan variasi bukaan.....	51
Tabel 4.14.	Rasio beban yang terjadi.....	51
Tabel 4.15.	Selisih nilai kapasitas beban runtuh pada sampel A (Tanpa Bukaan) dan B (Bukaan Tengah).....	52
Tabel 4.16.	Selisih nilai kapasitas beban runtuh pada sampel A dan C.....	52

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu 3D	4
Gambar 2.2.	Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu 2D	5
Gambar 2.3.	Perbandingan kinerja dinding bata terkekang dan infill Wall. (a) Portal dengan pengisi pasangan bata; (b) Dinding bata terkekang	7
Gambar 2.4.	(a) Kegagalan dinding bata terkekang; (b) Kegagalan infill wall	8
Gambar 2.5.	Geser pada dinding bata terkekang.....	9
Gambar 2.6.	Aksial dan Lentur pada dinding bata terkekang	9
Gambar 2.7.	Retak pada bukaan jendela	10
Gambar 2.8.	Retak pada bukaan pintu	10
Gambar 2.9.	Potensi gempa di Indonesia	11
Gambar 2.10.	Ilustrasi Drift-Ratio.	13
Gambar 2.11.	Envelop Curve	14
Gambar 2.12.	Visual sampel dalam pengujian ASTM C-1314.....	15
Gambar 2.13.	Grafik hubungan kuat tekan dan ukuran sampel.....	16
Gambar 2.14.	Grafik hubungan kuat tekan dan tebal sampel	16
Gambar 2.15.	Bentuk sampel prisma kubus bata dalam SNI-15-2094-2000.....	17
Gambar 2.16.	Pengujian kuat geser pada prisma pasngan bata.....	17
Gambar 2.17.	Kondisi-kondisi yang mungkin terjadi pada saat pembebanan	19
Gambar 3.1.	Bata ukuran normal dan setelah diskala	23
Gambar 3.2.	Model dinding tanpa bukaan serta dinding dengan bukaan	23
Gambar 3.3.	Sketsa penulangan pada dinding terkekang.....	24
Gambar 3.4.	Pola pembebanan.....	25
Gambar 3.5.	Flowchart penelitian	27
Gambar 3.6.	Set up pengujian sampel (A)	28
Gambar 3.7.	Set up pengujian sampel (B).....	29
Gambar 3.8.	Set up pengujian sampel (III)	30
Gambar 3.9.	Pemodelan <i>coupled wall</i>	33
Gambar 3.10.	. Coupling beams	33
Gambar 4.1.	Proses awal pengerjaan dinding	35
Gambar 4.2.	Dinding yang hampir selesai	35
Gambar 4.3.	Dimensi untuk pengukuran dinding	36
Gambar 4.4.	Perbandingan visual bata terskala dan aktual	38
Gambar 4.5.	Ilustrasi ukuran dimensi bata.....	38
Gambar 4.6.	(a) Jangka Sorong; (b) Neraca.....	38
Gambar 4.7.	Beberapa sampel mortar.	41
Gambar 4.8.	Pengujian mekanik bata merah.....	43
Gambar 4.9.	Pengujian tarik bata.	43
Gambar 4.10.	Uji tekan bata merah pada sumbu kuat.....	44
Gambar 4.11.	Prisma kubus bata.....	45
Gambar 4.12.	Konfigurasi Pembebanan pada Prisma Kubus Bata	46
Gambar 4.13.	Ilustrasi lapis prisma bata	47
Gambar 4.14.	Bentuk dan seting pembebanan	49
Gambar 4.15.	Keruntuhan awal yang terjadi pada tumpuan	50
Gambar 4.16.	Pola retak pada dinding A (Tanpa Bukaan)	55
Gambar 4.17.	Pola retakan pada dinding B (Bukaan Tengah).....	55
Gambar 4.18.	Gambar pola retak pada dinding C (Bukaan Tepi).....	55

Gambar 4.19. Pembagian segmen luas pada dinding yang mengacu pada pola retak



Ringkasan

Jalu Narayana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2016, *Pengaruh Letak Bukaannya Pada Beban Runtuh Dinding Terkekang (Confined Masonry) Yang Dibebani Secara Siklik Lateral*, Dosen Pembimbing: Sri Murni Dewi dan Christin Remayanti N.

Gempa merupakan peristiwa lepasnya energi dari dalam bumi, yang diakibatkan oleh adanya pergerakan kerak bumi. Indonesia merupakan wilayah yang berpotensi mengalami gempa bumi. Potensi gempa bumi di Indonesia diperkuat dengan adanya data geografis yang menunjukkan bahwa wilayah Indonesia mempertemukan lempeng Indo-Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Gaya gempa bertransformasi menjadi gaya lateral pada struktur bangunan. Bata merah adalah bahan bangunan yang umum digunakan sebagai pembentuk dinding rumah tinggal masyarakat Indonesia.

Dinding merupakan elemen yang sulit dipisahkan dari suatu struktur bangunan, karena memiliki fungsi-fungsi khusus bagi bangunan itu sendiri maupun bagi para penghuni. Selain itu pada elemen dinding juga sering digunakan untuk menempatkan pintu, jendela, ventilasi maupun sarana kreasi dari pemilik bangunan.

Pada penelitian ini, dilakukan analisa berkaitan dengan adanya letak lubang/bukaan terhadap kapasitas runtuh dinding terkekang. Metode pengujian yang dilakukan adalah dengan memberikan beban siklik pada dinding terkekang. Pada pengujian siklik, dinding diberi beban deformasi sebesar Δ . Dinding dianggap mengalami kegagalan jika nilai Δ telah mencapai 1% dari tingginya. Dinding yang diuji adalah dinding model dengan ukuran 120 cm \times 120 cm \times 4 cm, dan ukuran bukaan adalah 36 cm \times 80 cm. Penempatan lubang/bukaan pintu adalah ditepi dan ditengah. Sampel yang dibuat pada pengujian berjumlah 9 unit dinding terdiri dari 3 Unit model dinding A (Tanpa bukaan), 3 Unit model dinding B (Dinding dengan bukaan ditengah), dan 3 Unit model dinding C (Dinding dengan bukaan tepi).

Hasil pengujian menunjukkan untuk rata-rata kapasitas runtuh pada dinding A (Tanpa bukaan) adalah sebesar -632,5 Kg kearah kanan dan 547,00 Kg kearah kiri. Sedangkan untuk dinding B (Dinding dengan bukaan ditengah) adalah sebesar -315,33 Kg kearah kanan dan 312,00 Kg kearah kiri, dan pada dinding C (Dinding dengan bukaan tepi) sebesar -368,00 Kg kearah kanan dan 632,33 Kg kearah kiri. Jika kapasitas runtuh dinding model B, dan C dibandingkan terhadap kapasitas runtuh dinding A maka hasilnya menunjukkan adanya penurunan dan peningkatan. Pada kapasitas runtuh dinding B, terjadi penurunan kapasitas runtuh sebesar 51% kearah kanan dan 43% kearah kiri terhadap nilai rata-rata kapasitas runtuh dinding A. Sedangkan pada dinding C terjadi peningkatan ketika pembebanan dilakukan kearah kiri, peningkatan kapasitas runtuh dinding adalah sebesar 16%, sedangkan ketika pembebanan terjadi ke arah kanan kapasitas runtuh mengalami penurunan sebesar 42% dari rata-rata kapasitas runtuh dinding A. Dengan adanya beban siklik yang berasal dari dua arah, pada dinding terkekang mengalami retakan. Mekanisme retakan yang terjadi pada dinding tanpa lubang (Dinding A) berbeda dengan dinding yang memiliki bukaan (Dinding B dan C). Pada dinding tanpa bukaan (Dinding A), retakan diakibatkan oleh keruntuhan geser. Sedangkan pada dinding dengan bukaan tepi dan tengah, retakan terjadi akibat keruntuhan geser dan tarik.

Dalam pengujian ini masih terdapat kekurangan, diantaranya terjadi pada pengujian geser (tekan diagonal) pada pasangan prisma bata mengalami keruntuhan yang belum sempurna. Untuk mengatasinya diperlukan *capping* pada sudut prisma. Nilai *drift*/ Δ_m masih terpengaruh geser dan guling, sehingga perlu dilakukan modifikasi pada *setting* pengujian.

Kata kunci : Gempa, Dinding Rumah, Uji Siklik, Kapasitas Runtuh Lateral, Retakan



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Jalu Narayana, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2016, Effect of Opening Location in Confined Masonry Wall Under Cyclic Loading, Supervisor: Sri Dewi Murni and Remayanti Christin N.

Earthquake is an energy discharge from the earth which is caused by the movement of the earth's plate. Indonesia have an earthquake potential because of geographical location lie on Indo Australian, Eurasian and Pacific plate. Seismic forces transformed into lateral forces on structures. Red brick is a common building material used as the wall-forming in Indonesian society.

Wall is an element that is difficult to separate from a structure, because it has special functions for the building itself as well as for the occupants. Wall is media to installing doors, windows, ventilation and the art work creation of the building owner.

In this study, analysis has been done associated with effect of opening location in confined masonry wall under cyclic loading. The test method used a cyclic loading on the wall. In cyclic testing, deformation load given by Δ is applying on wall. It is considered a failure occur if the value of Δ reached 1% of the height. The walls were tested are modeling 120 cm height \times 120 cm width \times 4 cm thick, and the of opening size is 36 cm width \times 80 cm height. Opening are simulated as a door, located on side and the middle of wall. Number of samples were prepared at the test are 9 units, consist of 3 Unit Wall-A models (without opening), 3 unit Wall-B models (middle opening), and 3 units Wall-C models (side opening)

The results show for the average capacity of a wall-A (no opening) collapse amounted to -632.5 Kg towards the right and 547.00 Kg to the left. As for the wall-B (middle opening) is equal to -315.33 Kg towards the right and 312.00 Kg towards the left, on the wall C (side opening) of -368.00 Kg towards the right and 632.33 Kg to the left. Collapse capacity of wall-B and wall-C code are compared to wall-A, showed a decrease and increase value. Collapse capacity of wall-B, show 51% towards the right and 43% to left of the average capacity wall-A. While there was an increase when the loading towards the left on wall-C, the value increased by 16% towards left, whereas when the loading occurs to right direction the capacity decreased by 42% of the average capacity A code wall. With cyclic load coming from two directions, the cracks on a wall occur. The mechanism of cracks over the wall without opening (wall-A) is different from both (wall-B and wall-C). Cracks occur caused by shear failure on wall-A. While on opening walls cracks occur caused by shear failure and pull failure.

In this test there is disadvantage, which performed at shear testing (diagonal compression test) on a pair of brick prism, the total collapse capacity does not occur. It can be resolved by capping the angle prism. The value of drift Δ/m still affected by sliding and rolling, so it needs a modification to the setting of testing

Keyword : Earthquake, Residence wall, Cyclic load, Lateral Capacity, Crack



(Halaman ini sengaja dikongkan)



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara kepulauan yang secara geografis dilewati oleh lempeng tektonik. Lempeng tersebut berperan aktif dalam peristiwa terjadinya gempa-gempa di berbagai wilayah Indonesia. Gempa yang terjadi terkadang dapat merusak suatu struktur bangunan, dengan berbagai macam tingkat kerusakan. Tingkat kerusakan tentu dipengaruhi oleh seberapa besar gempa yang terjadi. Salah satu peristiwa gempa adalah pada 26 Januari 2014 di Kebumen, Jawa Tengah. Gempa tersebut terjadi dengan skala 6,5 SR sehingga mengakibatkan kerusakan berat pada beberapa daerah.

Pada umumnya bangunan di Indonesia masih menggunakan batu bata sebagai pengisi dinding. Pemilihan batu bata didasarkan karena alasan kemudahan, kecepatan dan murahnya pengerjaan. Namun terdapat aspek yang kurang mendapat perhatian khusus yaitu perilaku dinding pasangan batu bata jika terjadi gempa. Pemasangan batu bata merah sebagai dinding pada portal sering dilakukan hanya dengan menggunakan angkur, sepanjang ± 15 cm. Pemasangan batu bata sangat sederhana yaitu dengan meratakan mortar kemudian menumpuk bata dengan rata. Setelah susunan pasangan bata selesai, pada tepi-tepi dinding diberi kolom dan jika sudah tercapai elevasi yang diinginkan kolom akan disambung menggunakan balok ring. Dari cara pemasangan dinding yang demikian, dinding yang dibuat dapat digolongkan dalam kategori dinding terkekang. Sejauh ini banyak rumah tinggal di Indonesia memakai dinding dikerjakan dengan metode tersebut. Pada saat beban gempa terjadi, elemen bata sangat dominan dalam menahan gaya lateral akibat gempa (Wisnumurti *et al*, 2013). Elemen dinding tak luput dari adanya penempatan pintu, ventilasi dan jendela sebagai aspek sarana kesehatan dan kenyamanan.

Dengan adanya bukaan, kepadatan dinding tentu akan menurun. Kepadatan dinding juga dapat diwakili oleh luasan. Jika dinding diberi beban lateral secara *in-plane*, sesuai dengan prinsip keseimbangan dinding menahan beban yang diberikan dengan keseluruhan elemen dinding. Jika luasan dinding berkurang akibat adanya bukaan, tentunya gaya lateral yang dapat ditahan juga akan menurun. Dari beberapa pemaparan diatas, penelitian ini akan membahas kapasitas beban runtuh akibat adanya bukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui pengaruh adanya bukaan pada dinding terkekang, pada penelitian mengambil poin-poin yang dijadikan sebagai rumusan masalah diantaranya:

- a) Seberapa besar kapasitas beban lateral yang dapat ditahan oleh dinding bata terkekang, saat dinding mencapai drift 1% dari tingginya.
- b) Bagaimana kurva yang terbentuk akibat adanya bukaan yang terletak di tengah dinding dan di tepi dinding terkekang.
- c) Bagaimana pola retakan pada dinding terkekang saat menerima beban lateral, jika dinding diberi bukaan pada tepi dan tengah.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pelebaran pembahasan serta kajian yang lebih spesifik maka diberi batasan-batasan, diantaranya:

- a) Model dinding memiliki dimensi $120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$, kolom dan balok pengekang $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$, bukaan $36 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$ dan bata merah $11 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$.
- b) Parameter kegagalan dinding berdasarkan pada simpangan atau *drift* yang terjadi telah mencapai 1% dari tinggi dinding.
- c) Simpangan atau *drift* yang ditentukan untuk pengambilan nilai P (beban lateral) adalah simpangan yang dikenakan pada dinding pada saat pengujian (kondisi aktual). Efek guling, dan geser yang terjadi pada saat pembebanan hanya akan dijadikan koreksi akhir.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghimpun data guna membantu dalam analisa masalah.

- a) Mengetahui kapasitas beban lateral yang dimiliki oleh dinding bata terkekang.
- b) Mengetahui pola kurva histeristik yang terjadi pada dinding tanpa bukaan, bukaan tengah dan bukaan tepi.
- c) Mengetahui pola retakan yang diakibatkan oleh beban lateral, pada dinding tanpa bukaan, bukaan tengah dan bukaan tepi.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, para praktisi dan akademisi diharapkan dapat memperoleh manfaat diantaranya sebagai referensi dalam penelitian terkait kapasitas runtuh dinding pasangan bata, dalam pelaksanaannya dapat digunakan sebagai pertimbangan peletakan elemen bukaan pada dinding pasangan bata.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Dinding Pengisi

Pertumbuhan perumahan di Indonesia berkembang pesat. Para pengembang perumahan/Developer tentu akan berlomba-lomba untuk mendapatkan pasar. Salah satu strategi yang digunakan oleh developer diantaranya adalah perencanaan arsitektur. Tampak depan dari suatu bangunan atau yang biasa disebut sebagai fasad sering menjadi kreasi seni dari perancang maupun pemilik tempat tinggal (Eddy Priyanto, 2012). Fasad dapat berupa sebuah dinding, yang dapat dikreasikan sesuai selera perancang maupun pemilik.

Dalam suatu konstruksi elemen dinding merupakan perangkat sebagai pemisah, penutup serta berperan dalam aspek keindahan. Bagi penghuni bangunan, dinding dapat menjadi bagian penting sebab dari segi kenyamanan dinding dapat berfungsi sebagai peredam suara yang keras, ketahanan terhadap suhu panas, dan media kreasi interior (Turang *et al*, 2014). Berdasar material penyusun, dinding dapat dibedakan menjadi:

- 1) Dinding batu-batuan: bata merah dan batako.
- 2) Dinding batu alam/batu kali.
- 3) Dinding kayu: kayu batang, papan, dan sirap.
- 4) Dinding beton (struktural – dinding geser, pengisi – beton pra cetak).

2.2 Mortar

Mortar merupakan campuran antara air, semen, dan pasir. Pada SNI 2837-2008 telah disebutkan bahwa dalam pekerjaan plesteran dapat menggunakan komposisi perbandingan 1 Semen : 5 Pasir, dan air seperlunya.

2.3 Batu Bata

Pada umumnya batu bata digunakan untuk membentuk dinding rumah, pengisi portal bangunan gedung, pagar, dan terkadang juga menjadi elemen fondasi. Batu bata memiliki komposisi dari tanah liat dan mineral-mineral penyusun lain. Dibuat dengan cara dicetak manual ataupun mekanis, kemudian dikeringkan dan dibakar. Batu bata yang baik akan keras dan tahan api, dan tahan terhadap pelapukan. (Turang *et al*, 2014)

2.4 Perilaku Batu Bata Ketika dibebani

Batu bata dapat dibebani pada bidang datar seperti plat maupun secara tegak lurus bidang seperti *slab*. Beban kerja pada vertikal pada bidang diantaranya beban gravitasi

dan beban sendiri. Beban tegak lurus bidang dapat berupa beban angin dan dapat dijumpai pada kasus dinding geser. Dengan demikian beban-beban pada dinding bata dapat berupa tekan, tarik, geser, lenturan serta kombinasinya. Kuat tekan batu bata lebih besar dibanding dengan tarikan. Sehingga material bata umumnya digunakan untuk mengatasi perilaku tekan.

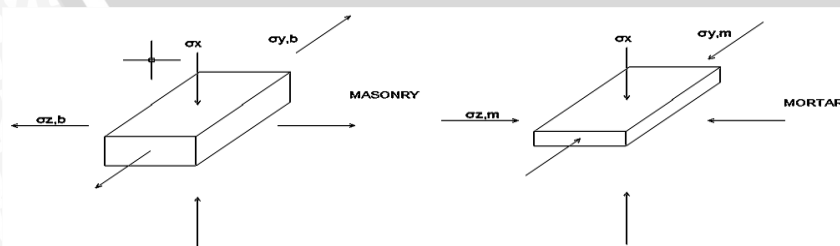
Kekuatan bata ditentukan oleh bata sendiri dan mortar. Faktor tersebut diantaranya kuat tekan bata, dimensi, proporsi komposisi material penyusun, plastisitas mortar dan kadar air dalam bata. Parameter lain yang berpengaruh dapat berupa jenis beban, kualitas produksi dan standar pekerja (Pfeifer *et al*, 2001).

2.5 Dinding bata terkekang

Dinding bata terkekang juga memiliki istilah lain yaitu *Confined Masonry*, merupakan dinding batu bata yang diberi perkuatan dalam arah vertikal dan horizontal. Perkuatan dinding arah vertikal berupa kolom (*tie-columns*) sedangkan untuk arah horizontal adalah balok (*tie-beams*). Namun perlu diperhatikan bahwasanya dinding bata terkekang dibuat dengan mendahulukan pekerjaan pemasangan dinding kemudian membatasi semua tepi dinding dengan kolom, kemudian pada tahap akhir sisi bagian atas dibatasi dengan balok beton bertulang (Meli *et al*, 2011).

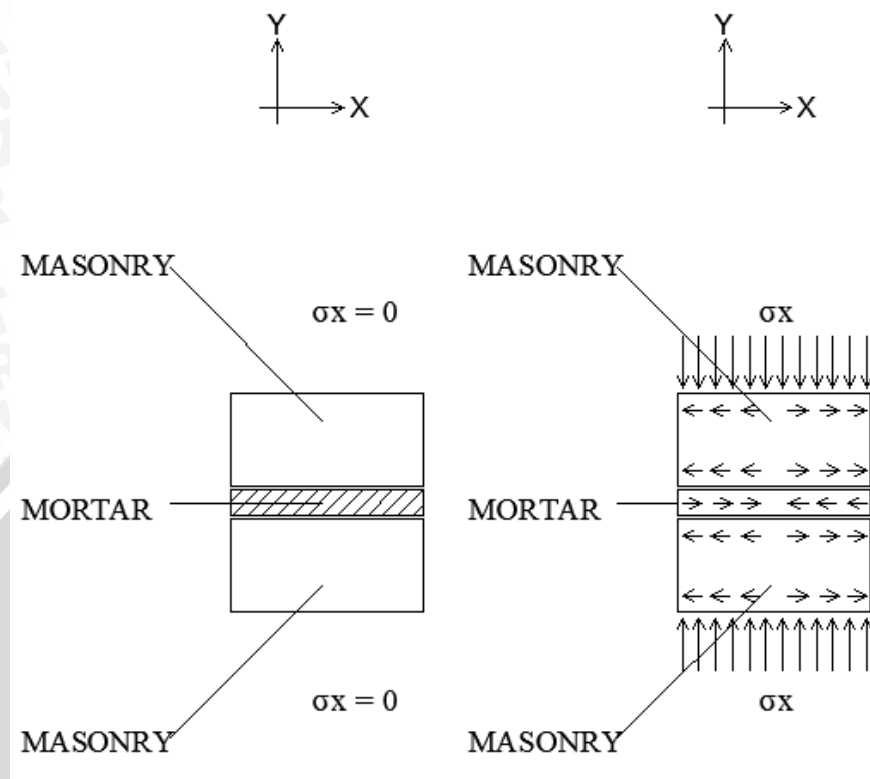
2.6 Tekan Pada Bata

Pada elemen bata merah yang dibebani tegak lurus terhadap siar horizontal maka gaya tekan akan terbentuk dengan arah berlawanan. Deformasi mortar akan lebih besar dibanding dengan bata, deformasi tersebut terjadi pada arah transversal. Deformasi transversal pada bata bersifat tarik, sehingga pada mortar mengalami deformasi tekan. Pada sistem koordinat *cartesian* x, y, z secara berurutan bata akan mengalami Tarik-Tarik-Tekan, sedangkan pada mortar mengalami Tekan-Tekan-Tekan, kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.1. Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu 3D

Sumber: Pfeifer *et al*, 2001



Gambar 2.2. Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu 2D

Sumber: Pfeifer *et al*, 2001

Jika beban transversal terus ditingkatkan, maka bata akan mengalami retak vertikal sampai akhirnya material bata akan mengalami kehancuran. Pasangan mortar yang terbentuk tidak sempurna akan menyebabkan konsentrasi tegangan, namun pada kondisi beban yang belum maksimal. Dengan demikian kekuatan batu bata sangat dipengaruhi oleh kuat tarik material, dan penurunan kuat tekan akibat adanya tegangan tarik yang terjadi. Mortar dengan kuat tekan yang rendah tidak menjadi permasalahan, sebab dengan adanya gaya tekan dari tiga sumbu akan menambah stabilitas dan kuat tekannya sendiri (Pfeifer *et al*, 2001).

2.7 Dinding Bata Terkekang vs. Dinding Pengisi (Bata)

2.7.1 Perbedaan Perilaku Mekanik Dinding Bata Terkekang dan Portal dengan Pasangan Bata sebagai Pengisi

Dinding bata terkekang memiliki perbedaan pasangan bata sebagai pengisi, perbedaan mendasar dijabarkan antara lain sebagai berikut:

- a) Pada dinding bata terkekang, potongan melintang penampang memiliki ukuran lebih kecil, sehingga kurang efektif dalam melawan aksi dari portal.

Hubungan balok-kolom berupa jepitan untuk menahan momen-momen pada joint/sambungan. Pada portal berisi pasangan bata, potongan melintang penampang lebih besar. Dengan adanya luasan yang lebih besar, maka memiliki kekakuan besar.

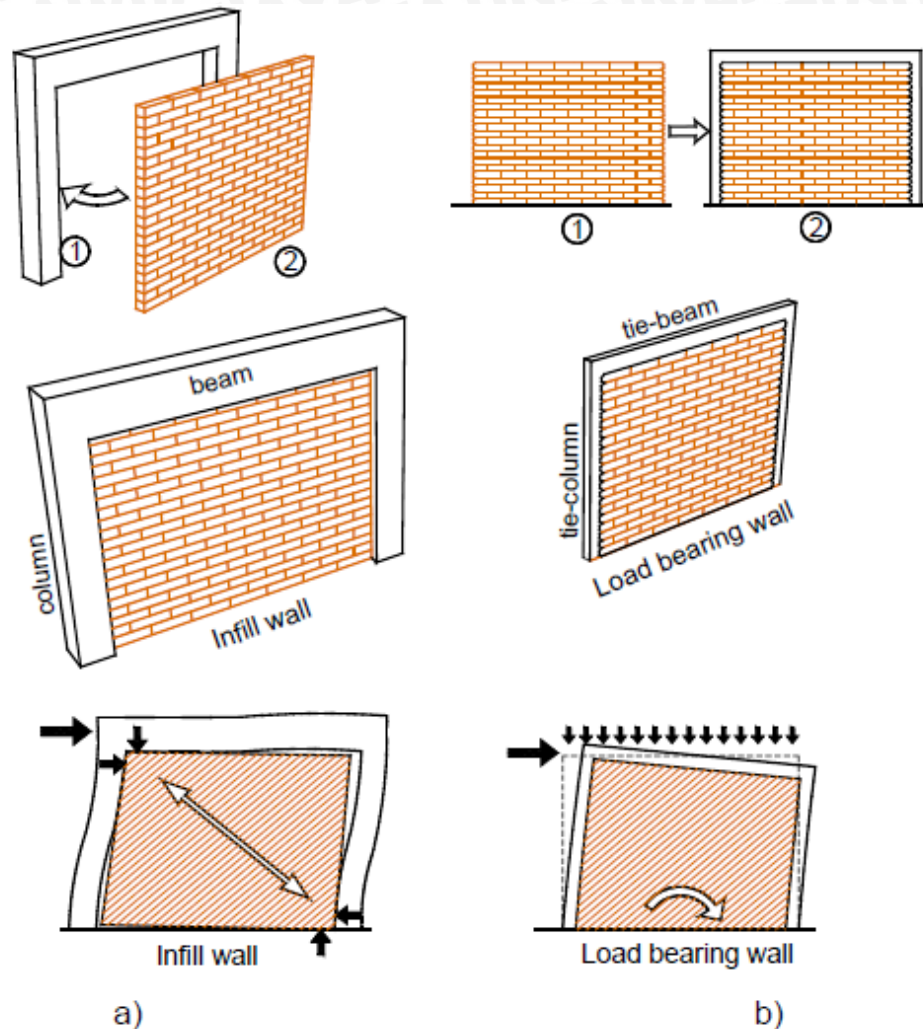
- b) Dinding bata terkekang memiliki kolom-kolom dengan dowel/angkur untuk mengintegrasikan menjadi kesatuan sistem. Sedangkan pada portal berisi pasangan bata tidak memiliki sistem penyambungan.
- c) Dinding bata terkekang menahan gaya gravitasi menggunakan pasangan bata. Sedangkan pada portal berisi pasangan bata umumnya balok-kolom hanya menahan gaya akibat beban sendiri dan beban struktural di atasnya. Terkadang pasangan bata untuk pengisi dinding memiliki celah, hal tersebut memang sengaja dibuat agar balok dapat berdeformasi. Sehingga beban akan ditransfer kepada pasangan bata. Kuantitas beban yang ditransfer kepada pasangan bata akan sangat bergantung pada kekakuan rangka (balok-kolom).
- d) Ketika mengalami beban lateral, dinding pasangan bata pada sistem dinding bata terkekang bersifat sebagai pengaku. Sedangkan pada portal berisi pasangan bata bersifat sebagai *diagonal struts*. Saat pasangan bata pada portal berisi pasangan bata memiliki celah baik pada balok maupun kolom, maka kekuatan akan menurun secara drastis.

Portal dengan dinding pengisi tidak bisa disebut sebagai dinding bata terkekang. Kedua hal tersebut memiliki perbedaan yang sangat mendasar pada pola pengerjaan, serta perilakunya saat menahan gaya gravitasi dan gaya lateral yang terjadi.

Kesimpulan dari beberapa poin di atas, diilustrasikan pada Gambar 2.3. Terlihat dari ilustrasi yang dipaparkan, portal dengan dinding pengisi dimulai dengan cara mengerjakan kolom. Selanjutnya pekerjaan berpindah pada elemen balok dan diakhiri dengan memasukan pasangan bata kedalam portal.

Sedangkan pada dinding bata terkekang, pekerjaan dimulai dengan memasang susunan bata merah terlebih dahulu. Kemudian kolom dibentuk jika elevasi pasangan bata yang diinginkan sudah tercapai dan di akhir pekerjaan balok.

Pada Gambar 2.3 juga ditunjukkan ilustrasi kedua dinding menerima beban lateral. Terlihat pada struktur portal dengan dinding pengisi membentuk celah yang membuat seolah-olah elemen dinding dan portal bekerja secara terpisah. Sedangkan pada struktur dinding bata terkekang terjadi deformasi pada seluruh elemen baik kolom maupun balok.



Gambar 2.3. Perbandingan kinerja dinding bata terkekang dan infill Wall. (a) Portal dengan pengisi pasangan bata; (b) Dinding bata terkekang

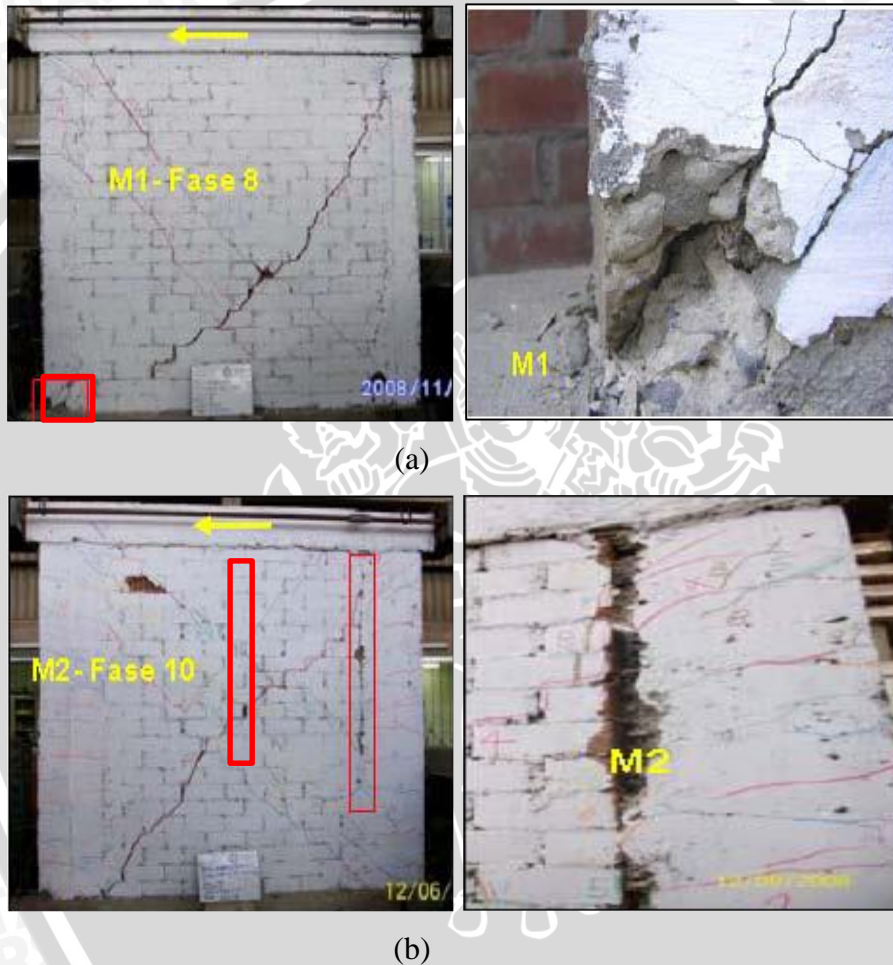
Sumber: Meli *et al*, 2011

2.7.2 Kinerja Dinding Terkekang Ketika Menerima Beban

Aksi seismik pada dinding terkekang dapat dikatakan sebagai adalah satu aksi komposit (monolit) antara bata merah dan elemen balok-kolom. Aksi komposit terjadi pada anchor yang menghubungkan dinding dengan kolom. Pada dinding yang memiliki kolom dengan ketebalan lebih dari dua kali tebal dinding, maka ketika dibebani secara siklik perilakunya cenderung menyerupai portal isi pasangan bata. Peristiwa kegagalan berawal dari retakan vertikal yang memisahkan elemen bata dan kolom, pada saat itu

kolom akan mengalami tarikan dan tekanan yang bergantung pada beban lateral. Pada akhirnya dinding mengalami retak diagonal.

Sedangkan pada struktur dinding yang memiliki kolom dengan ketebalan sama terhadap dinding akan mengalami kegagalan dengan adanya retak diagonal pada dinding sampai menuju kolom. Pada kasus ini tidak ditemukan retak vertikal maupun pemisahan elemen dinding terhadap kolom. Kedua jenis kegagalan dapat dilihat pada Gambar 2.4 (a) dan (b).

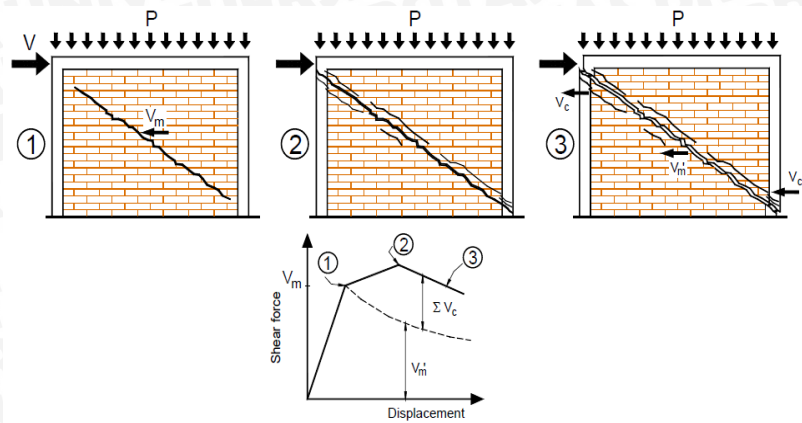


Gambar 2.4. (a) Kegagalan dinding bata terkekang; (b) Kegagalan infill wall

Sumber : Meli *et al*, 2011

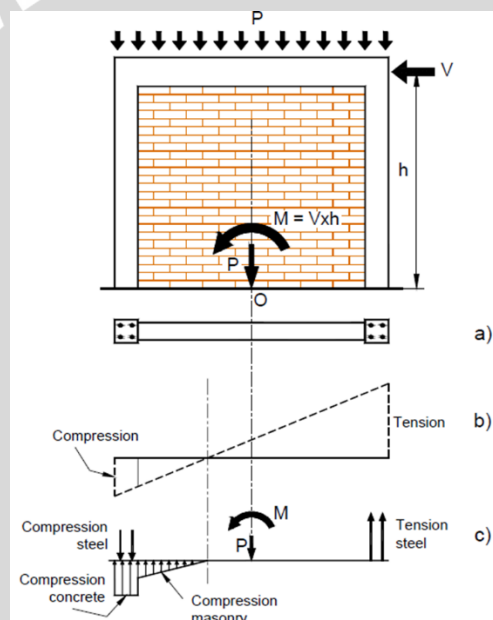
Mekanisme geser pada dinding ditunjukkan pada Gambar 2.5. Pada gambar tersebut dijelaskan proses kegagalan pada dinding terkekang dimulai dari munculnya retak diagonal yang terus memanjang sampai kolom pengekang mengalami patahan. Sedangkan pada Gambar 2.6 dijelaskan bagaimana mekanisme pada struktur dinding bata terkekang ketika dibebani secara lateral. Pada gambar tersebut muncul tegangan tekan dan

tarik. Tegangan tekan diterima oleh sebagian luasan kolom, pasangan bata dan beberapa tulangan, kemudian gaya tarik sepenuhnya diterima oleh tulangan pada sisi tarik.



Gambar 2.5. Geser pada dinding bata terkekang

Sumber: Meli *et al*, 2011



Gambar 2.6. Aksial dan Lentur pada dinding bata terkekang

Sumber: Meli *et al*, 2011

2.7.3 Contoh Kegagalan pada Dinding Bata Terkekang

Pada Gambar 2.7 dan 2.8 menunjukkan beberapa kerusakan pada dinding terkekang diakibatkan oleh beban lateral akibat gempa. Dengan adanya bukaan berupa jendela dan pintu, sebagian dinding masih belum terlepas dari portal dan bangunan masih dapat berdiri.



Gambar 2.7. Retak pada bukaan jendela

Sumber: Brzev, 2007



Gambar 2.8 Retak pada bukaan pintu

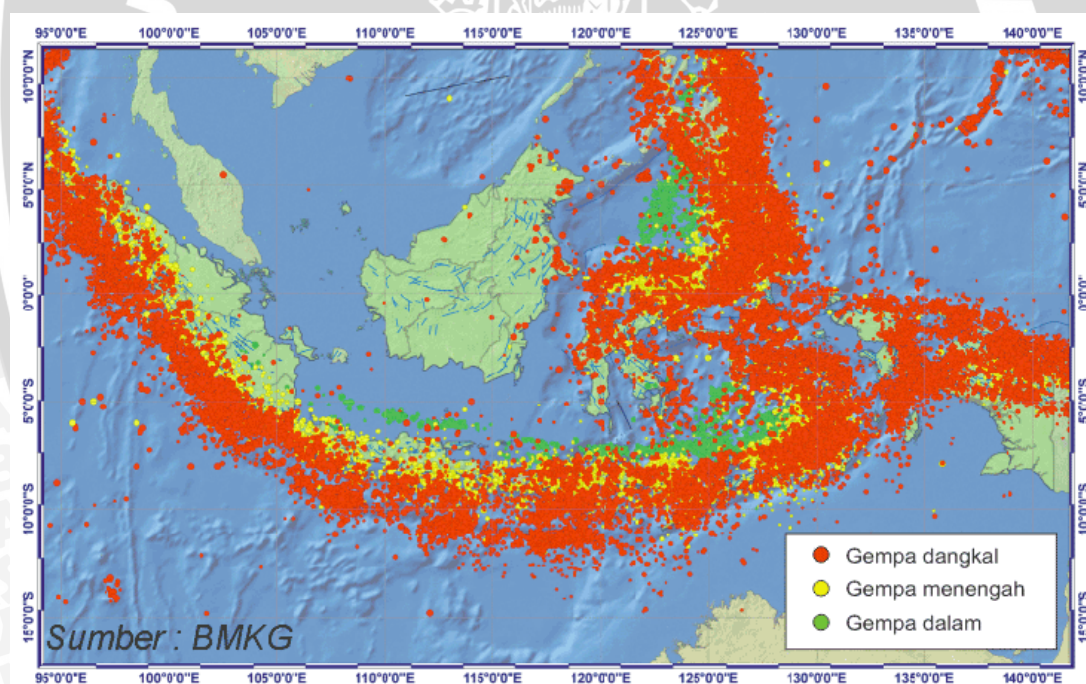
Sumber: Brzev, 2007

2.8 Beban Gempa (Beban Lateral)

Gempa menyebabkan guncangan pada tanah. Tingkat keparahan beban gempa tergantung pada lokasi, sesuai peraturan mengenai standar bangunan. Guncangan tanah dapat menambah beban pada unsur-unsur bangunan, guncangan tanah lebih kuat atau unsur-unsur bangunan yang lebih besar dapat menambah beban pada gedung itu sendiri.

Beban gempa cenderung horizontal (walaupun tetap ada elemen vertikal) dan dapat menyerang dari arah manapun. Prinsip dasar terjadinya gempa ialah kondisi bila di sebagian kerak bumi dimana terdapat retakan berupa sesar / patahan, apabila mendapat tekanan terjadi penimbunan energi sepanjang bidang sesar. Setelah energi tersebut tertimbun relatif lama, akumulasi energi cukup kuat untuk menggeser bidang sesar, menghasilkan pusat gempa. Energi terlepas secara cepat sebagai gelombang gempa yang menjalar ke segala arah.

Indonesia terletak antara 6° LU dan 11° LS serta 95° BT dan 141° BT, dimana letak geografis ini, Indonesia berada diatas benturan tiga lempeng bumi, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng India Australia. Ditinjau secara geografis, kepulauan Indonesia berada pada pertemuan 2 jalur gempa utama yaitu Jalur Sirkum Pasifik dan Jalur Trans Asia sehingga kepulauan Indonesia mempunyai aktivitas gempa bumi cukup tinggi (Puslitbang, 2004). Gambar 2.9 menunjukkan beberapa wilayah dengan bermacam potensi gempa.



Gambar 2.9. Potensi gempa di Indonesia

Sumber: Puslitbang, 2004

Beban gempa merupakan fungsi dari zona seismis dan jarak ke pusat gempa, berat jenis bangunan, masa getaran bangunan yang biasanya ditentukan oleh ketinggian bangunan atau elemen yang digunakan untuk menahan beban, bahan-bahan pondasi, perhitungan tipe bangunan (bahan, tingkat daktilitas, peredam getaran), dan kategori bangunan (faktor risiko dan kepentingan).

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menahan beban lateral dari gempa antara lain:

- a. Bangunan kaku atau bahan kaku seperti dinding kokoh akan lebih menarik beban dari pada elemen-elemen yang lebih lentur seperti kerangka penahan momentum.
- b. Beban berat seperti genteng akan menyebabkan beban lebih besar dari pada bahan yang lebih ringan.
- c. Zona seismis sangat berpengaruh pada beban gempa desain, begitu pula jarak dari pusat gempa.
- d. *Subragde type* (tanah, batu, dll) juga berpengaruh.
- e. Hindari penggabungan elemen-elemen berbeda tipe agar bisa lebih menahan beban dari arah yang sama.
- f. Kelemahan struktural, bahan yang lemah dan rapuh, sambungan kurang baik, dan kesalahan dalam perencanaan dapat mengurangi kemampuan bangunan dalam menahan beban horizontal.
- g. Pada saat terjadinya gempa sedang hingga berat, kerusakan pun dapat terjadi pada bangunan-bangunan yang dirancang dengan baik.
- h. Bangunan harus dirancang dengan baik sehingga tidak runtuh walaupun mengalami kerusakan.

2.9 Perkuatan

Perkuatan dengan menggunakan baja tulangan disesuaikan dengan peraturan Pedoman Pembangunan Bangunan Tahan Gempa.

2.10 Protokol Uji

ASTM E 2126-05 merupakan metode pengujian dinding akibat adanya beban siklik lateral. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi kekakuan, tegangan geser dan daktilitas suatu dinding.

Sedangkan untuk menguji sifat fisik dan mekanik bata, mortar, dan elemen pengekang dinding digunakan pedoman lain sesuai dengan kebutuhan.

2.11 Pemodelan

Pemodelan skala berdasarkan pada penelitian sebelumnya (Wisnumurti *et al*, 2013).

2.12 Kegagalan/Kehancuran dinding

Pada penelitian oleh Wisnumurti, yang mengacu pada FEMA 356 dijelaskan bahwa kegagalan struktur dikategorikan dalam tiga kriteria, diantaranya adalah:

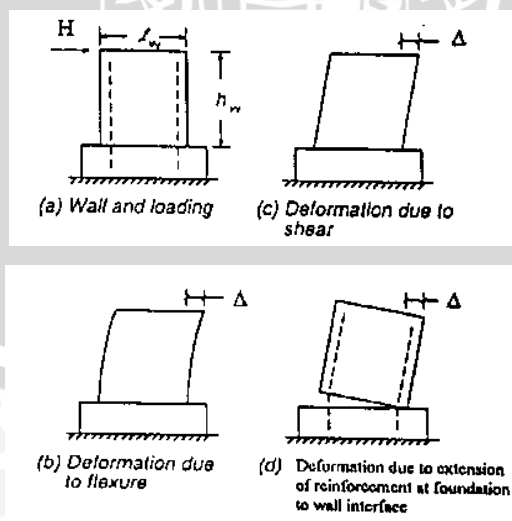
- a. *Immediate Occupancy* (IO) : Bangunan dapat digunakan, kerusakan yang terjadi sangat kecil atau tidak ada, struktur diperbolehkan mengalami perilaku inelastik.
- b. *Life Safety* (LS) : Penghuni masih dalam kondisi aman, kerusakan yang terjadi sangat kecil atau tidak ada, struktur diperbolehkan mengalami perilaku inelastik.
- c. *Collapse Prevention* (CP) : Terhindar dari keruntuhan total, banyak kerusakan tetapi belum runtuh, bangunan dalam kondisi batas daktil.

Drift Ratio yang diperbolehkan terjadi pada dinding bata adalah sebesar 1%. Dalam FEMA 356 dijelaskan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Parameter performa suatu bangunan menurut FEMA-356

Table C1-3 Structural Performance Levels and Damage ^{1, 2, 3} —Vertical Elements (continued)				
Elements	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention S-5	Life Safety S-3	Immediate Occupancy S-1
Unreinforced Masonry (Noninfill) Walls	Primary	Extensive cracking; face course and veneer may peel off. Noticeable in-plane and out-of-plane offsets.	Extensive cracking. Noticeable in-plane offsets of masonry and minor out-of-plane offsets.	Minor (<1/8" width) cracking of veneers. Minor spalling in veneers at a few corner openings. No observable out-of-plane offsets.
	Secondary	Nonbearing panels dislodge.	Same as primary.	Same as primary.
	Drift	1% transient or permanent	0.6% transient; 0.6% permanent	0.3% transient; 0.3% permanent

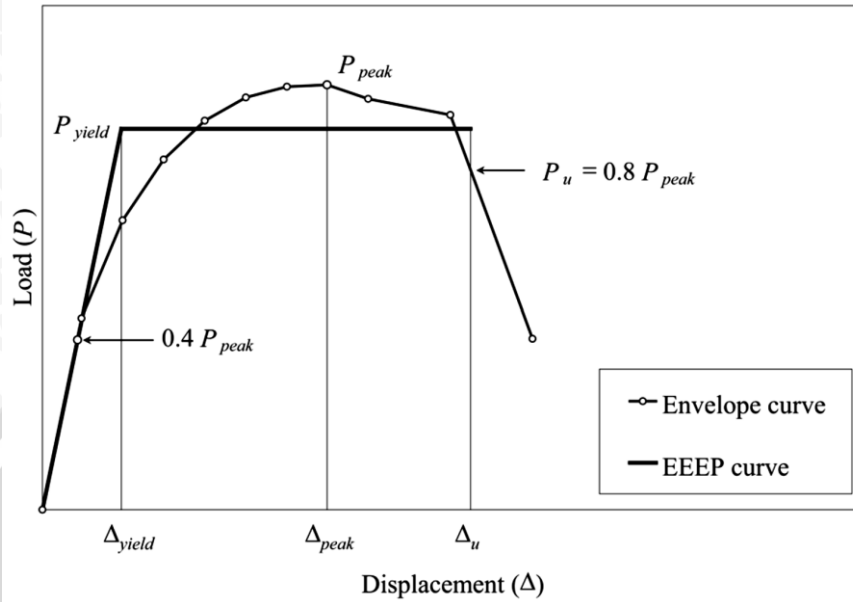
Drift Ratio diilustrasikan pada Gambar 2.10 sebagai nilai Δ , pada material dinding yang solid dengan lebar l_w dan tinggi h_w . Dinding menumpu pada fondasi yang rigid, kemudian diberi beban lateral senilai H yang mengakibatkan deformasi Δ



Gambar 2.10. Ilustrasi Drift-Ratio.

Sumber: FEMA 450

Metode pembebanan mengaplikasikan ASTM 2126 dengan memilih protokol *ISO displacement protocol*. Dalam ASTM 2126, definisi kegagalan akibat beban siklik ekuivalen terhadap P_u . Dimana nilai $P_u = 0,80 P_{peak}$ (Gambar 2.11)



Gambar 2.11. Envelop Curve

Sumber : ASTM E2126

2.13 Data Sekunder

Pada penelitian terdahulu (Wisnumurti *et al*, 2013) dilakukan pengujian dinding bata terkekang dengan memberi tambahan perkuatan bamboo sebagai *bracing*. Pada penelitian tersebut didapat hasil seperti yang terlihat pada Tabel 2.2

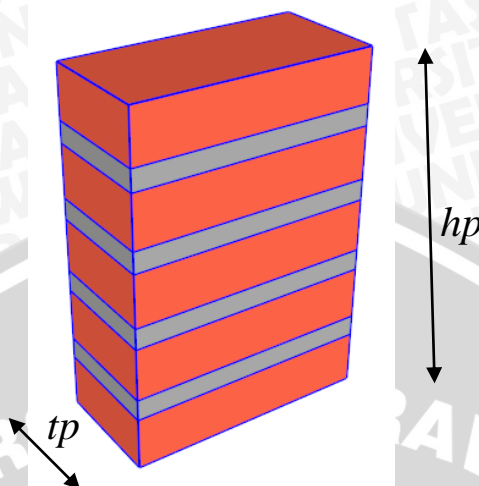
Tabel 2.2. Kapasitas kekuatan maksimum dinding

Pembebanan	Tanpa perkuatan (Kg)	Dengan Perkuatan (Kg)		
		2 Batang	3 Batang	4 Batang
Beban Monoton	700			
	1240	-	-	-
	816			
Beban Siklik	933	1003	1055	1110
	1126	1302	1038	953
	865	1248	1362	1078

2.14 Pengujian Kuat Tekan Prisma Bata (ASTM C-1314)

ASTM C-1314 merupakan protokol pengujian kuat tekan bata merah dengan cara membentuk lima lapisan bata dengan mortar sebagai perekat (Gambar 2.12). Dimensi sampel minimal memiliki panjang senilai 4" (100 mm) dan memiliki rasio tinggi terhadap tebal (h_p/t_p) bekisar 1,3 s.d. 5,0. Sampel dibebani secara merata sampai mengalami

keruntuhan. Nilai yang diperoleh berupa tegangan aksial (Kg/cm^2) dengan faktor koreksi h_p/t_p (Tabel 2.3).



Gambar 2.12. Visual sampel dalam pengujian ASTM C-1314

Tabel 2.3. Faktor koreksi tinggi terhadap ketebalan sampel prisma

h_p/t_p^{\wedge}	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Correction Factor	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

2.15 Koreksi dalam kuat tekan mortar dan beton pengekan

Mortar pada umumnya merupakan perpaduan komposit antara semen, pasir dan air. Karakteristik dari mortar hamper sama seperti beton yaitu cenderung dominan dalam menerima beban tekan daripada tarik. Dalam menentukan kekuatan mortar perlu diperhatikan umur dan dimensi dari sampel yang diambil. Umur dan ukuran memberikan pengaruh pada nilai kuat tekan mortar. Pada Peraturan Beton Indonesia (PBI) tahun 1971 terdapat faktor koreksi umur (Tabel 2.4) beserta bentuk sampel (Tabel 2.5) pada saat pengujian.

Tabel 2.4. Tabel faktor umur untuk pengujian tekan

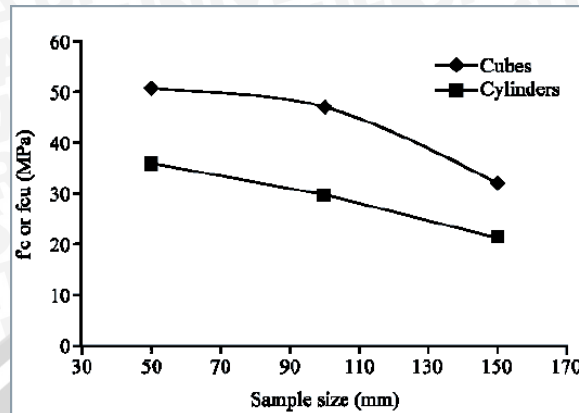
Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35

Tabel 2.5. Tabel koreksi bentuk pada pengujian tekan

Benda Uji	Perbandingan kuat tekan
Kubus $15 \times 15 \times 15$ cm	1,00
Silinder 15×30 cm	0,83

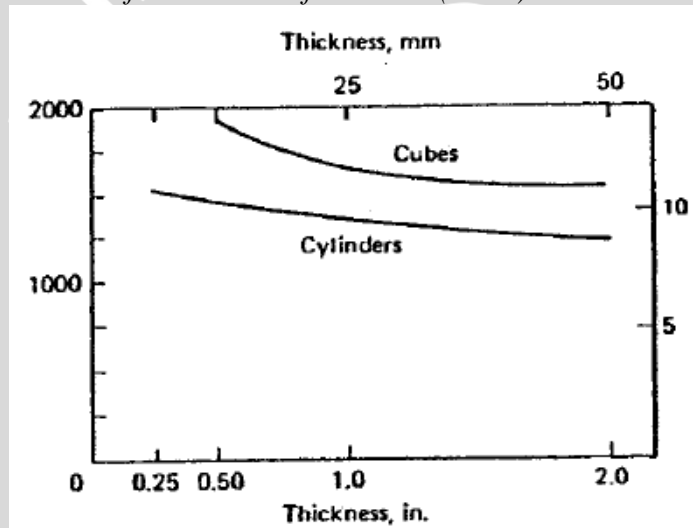
Sumber: PBI-1971

Selain faktor bentuk, juga terdapat faktor ukuran. Sampel akan memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi jika ukuran sampel yang diambil semakin kecil. Grafik peningkatan kuat tekan dengan ukuran sampel ditunjukkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13. Grafik hubungan kuat tekan dan ukuran sampel.

Sumber: *Asian Network for Science Information (ANSI)*



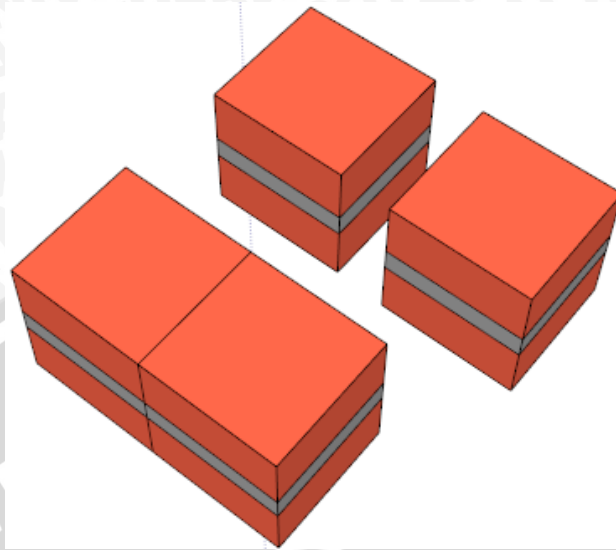
Gambar 2.14. Grafik hubungan kuat tekan dan tebal sampel

Sumber : (Harris dan Sabniss, 1999)

2.16 Pengujian kuat tekan kubus bata (SNI-15-2094-2000)

SNI-15-2094-2000 mengatur tentang tata cara memperoleh kuat tekan bata merah pejal. Kuat tekan tersebut digunakan untuk menentukan mutu bata, nilai kuat tekan yang disyaratkan terbagi menjadi tiga kelas diantaranya kelas 50 (5 MPa), 100 (100 MPa), dan 150 (15 MPa). Dalam pengujian kuat tekan bata pejal, sampel dibuat dalam bentuk kubus, terdiri dari dua lapis bata dan terdapat satu lapisan mortar diantara lapisan bata. Kubus tersebut harus memiliki sisi-sisi yang sama. Sisi panjang atau lebar kubus didapat dengan cara membagi panjang bata secara utuh pada Gambar 2.15. Pengujian dilakukan dengan

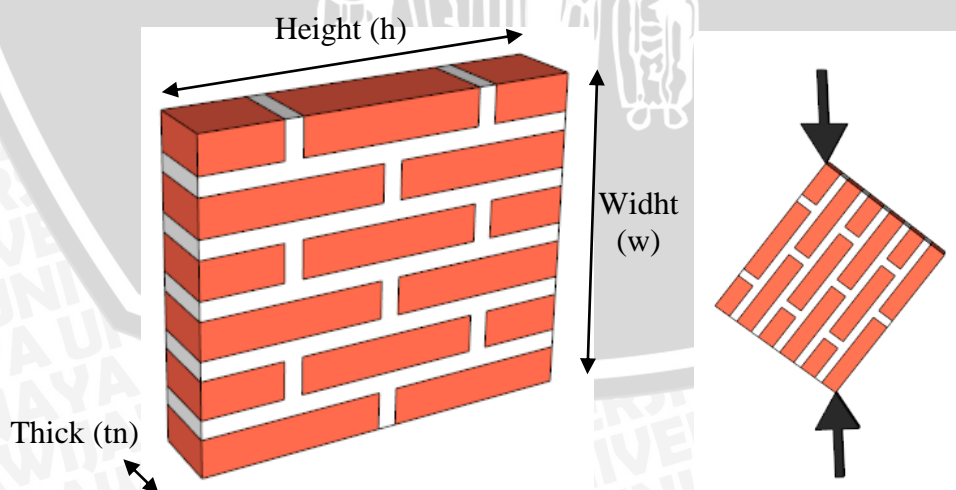
memberi beban aksial tekan sampai prisma kubus mengalami keruntuhan, dan mencatat luas bidang kontak sehingga didapatkan nilai tegangan tekan (Kg/cm^2)



Gambar 2.15. Bentuk sampel prisma kubus bata dalam SNI-15-2094-2000

2.17 Pengujian kuat geser dinding (ASTM-E 519)

ASTM-E 519 menjelaskan protokol untuk mengevaluasi kuat geser pada elemen pasangan dinding bata merah. Kuat geser didekati dengan melakukan pengujian tekan pada pasangan bata merah yang posisinya diatur secara diagonal. Pada pengujian ini digunakan model sehingga skala sampel menjadi lebih kecil. Sampel dibuat seperti pada Gambar 2.16. Kemudian sampel diberi beban terpusat pada posisi diagonal sampai mengalami keruntuhan.



Gambar 2.16. Pengujian kuat geser pada prisma pasangan bata

Untuk menentukan kuat geser pada prisma pasangan bata digunakan persamaan (2-1)

$$S_s = \frac{0.707 P}{A_n} \quad \text{Persamaan (2-1)}$$

Dengan: S_s = Tegangan Geser (Mpa)
 P = Beban aksial yang terjadi (N)
 A_n = Luasan neto prisma pasangan bata (mm^2)

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

Dengan: w = Lebar prisma (mm)
 h = Panjang prisma (mm)
 tp = Tebal prisma (mm)

2.18 Kuat Geser Dinding Pasangan Bata Terkekang

Kajian teoritis pada penelitian ini digunakan sebagai pendekatan dan perbandingan terkait kuat geser pada dinding pasangan bata terkekang. Formula yang digunakan pada perhitungan kuat geser berdasarkan dari referensi yang telah ada diantaranya (Meli *et al*, 2011) dan (Wisnumurti *et al*, 2013)

(Meli *et all*, 2011) memberikan persamaan kuat geser dinding pasangan bata terkekang sebesar V. Kuat geser pada persamaan yang diusulkan oleh meli dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tipe bata, semen dan kekuatan geser komposit yang terjadi pada prisma bata. (Meli, *et all*,2011) juga telah membuat hubungan kuat geser prisma bata berdasarkan tipe bata dan tipe mortar (Tabel 2.6), sehingga mempermudah perhitungan. Persamaan yang diusulkan oleh Meli dinyatakan dengan:

$$V = 0,5V_m + 0,3\sigma \leq 1,5V_m \quad \text{Persamaan (2-3)}$$

Dengan: V = Kuat geser dinding pasangan bata terkekang (Kg)
 V_m = Kuat geser pasangan bata (Kg/cm^2)
 σ = Berat pasangan bata pada tiap luasan (Kg/cm^2)

Tabel 2.6 Nilai V_m (Kuat geser) dari pasangan bata

Type of Masonry Unit	Type of Mortar	Basic Shear Strength (V_m)
		Mpa (Kg/cm^2)
Solid Clay Brick	I	0.35 (3.5)
	II and III	0.30 (3.0)
Hollow Clay Unit	I	0.30 (3.0)
	II and III	0.20 (2.0)
Hollow Concrete Block	I	0.35 (3.5)
	II and III	0.25 (2.5)
Solid Concrete Block	I	0.30 (3.0)
	II and III	0.20 (2.0)

Sedangkan pada (Wisnumurti *et al*, 2013) persamaan yang diusulkan merupakan persamaan kuat geser dinding pasangan bata terkekang dengan adanya tambahan perkuatan bambu secara diagonal. Persamaan yang diusulkan haruslah mudah untuk dipahami dan dilaksanakan pada pengerjaan.

$$V_t = \alpha_1 \cdot \tau_{cr} \cdot l \cdot t + \alpha_2 \cdot \tau_{trb} \cdot A_{bu} \cdot \cos \Theta \quad \text{Persamaan (2-4)}$$

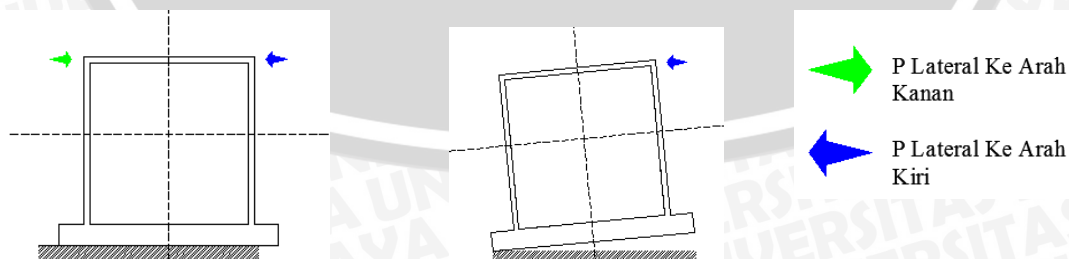
$$V_t = \alpha_1 \cdot \tau_{cr} \cdot l \cdot t + \alpha_3 \cdot f' \cdot m \cdot A_{kdb} \cdot \cos \Theta \quad \text{Persamaan (2-5)}$$

Dengan:

α_1	=	Konstanta kuat geser dinding (0,416)
α_2	=	Konstanta efisiensi kuat tarik bambu (0,112)
α_3	=	Konstanta kuat tekan kekangan dinding bata (0,277)
τ_{cr}	=	Tegangan geser diagonal pasangan dinding bata (Kg/cm ²)
l	=	Panjang dinding (cm)
t	=	Tebal dinding pasangan bata (cm)
τ_{trb}	=	Tegangan tarik bambu sejajar serat (Kg/cm ²)
A_{bu}	=	Luas total bilah bambu (cm ²)
A_{kdb}	=	Luas pasangan bata yang terkekang perkuatan bambu (cm ²)
$f' \cdot m$	=	Kuat tekan struktur dinding pasangan bata, uji prisma (Kg/cm ²)
Θ	=	Sudut diagonal sistem perkuatan (derajat)

2.19 Perhitungan Koreksi pada *Drift*/Nilai Δ

Pada saat pengujian siklik, dinding terkekang yang diberi beban lateral dapat mengalami perpindahan sekunder. Perpindahan sekunder adalah perpindahan yang terjadi selain *drift*, diantaranya adalah pergeseran dan jangkitan atau gulingan. Dengan demikian nilai *drift*/ Δ yang terjadi perlu untuk dikoreksi. Pendekatan empirik yang digunakan dalam koreksi berupa analisa geometrik sederhana sehingga mudah untuk diaplikasikan. Beberapa kondisi yang mungkin terjadi pada saat pengujian diilustrasikan pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Kondisi-kondisi yang mungkin terjadi pada saat pembebanan

Dengan demikian persamaan untuk menghitung $\Delta_{\text{terkoreksi}}$ berasal dari penjumlahan total perpindahan akibat gulingan dan geseran, yang ditunjukkan pada persamaan (2-6); dan (2-7).

$$\text{Guling} = \frac{|G1 - G2|}{L_{(G2-G1)}} \times T_{LVDT} \quad \text{Persamaan (2-6)}$$

$$\Delta_{\text{terkoreksi}} = \Delta_{\text{bacaan}} \pm \text{Geser} \pm \text{Guling} \quad \text{Persamaan (2-7)}$$

Dengan: $\Delta_{\text{terkoreksi}}$ = Drift aktual

Δ_{bacaan} = Drift yang saat pengujian siklik/ sebelum koreksi

Geser = Nilai pada kontrol geser $\times 0.01$ (mm)

Guling = Nilai koreksi akibat guling (mm)

G1 = Nilai pada kontrol guling I $\times 0.01$ (mm)

G2 = Nilai pada kontrol guling I $\times 0.01$ (mm)

$L_{(G2-G1)}$ = Jarak antara G1 dan G2 (mm)

T_{LVDT} = Tinggi LVDT



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Sampel penelitian berupa dinding terkekang (*Dinding bata terkekang*) yang berjumlah sembilan unit dengan variasi letak bukaan. Elemen-elemen yang perlu diperhatikan dalam mengolah data diantaranya adalah adanya pengekan berupa balok dan kolom yang mengelilingi sisi terluar dinding. Analisis dilakukan pada ketahanan dinding tersebut ketika menerima beban siklik yang dapat berupa gaya lateral. Dalam eksperimen tersebut perlu dilakukan pengamatan perilaku struktur sebelum mengalami kehancuran. Perilaku yang dimaksud dapat berupa translasi horizontal dan nilai beban lateral, data tersebut akan dibuat menjadi grafik P- Δ . Secara garis besar data dari hasil uji coba laboratorium akan dicocokkan terhadap metode dan pendekatan teoritis dari literatur yang didapat. Metode pengujian siklik dilakukan sesuai prosedur ASTM E 2126-05, serta untuk pengujian bahan dilakukan sesuai metode-metode yang telah ada.

3.2. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada laboratorium struktur Universitas Brawijaya. Waktu penelitian dijadwalkan mulai pada Oktober sampai dengan Desember 2015.

3.3. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, telah dirinci peralatan dan bahan yang diperlukan diantaranya adalah:

3.3.1. Alat

- a) *Loading frame* atau rangka pengujian berfungsi untuk menempatkan benda uji pada saat pengujian.
- b) *Hydraulic jack* atau dongkrak hidrolis kapasitas 15 ton serta *Dial gauge* digunakan untuk mengukur besarnya deformasi yang terjadi pada dinding.
- c) *Strain gauge* dan *Digital Strain Meter*.
- d) *Proving Ring* digunakan untuk membaca beban yang dikenakan pada benda uji.
- e) *LVDT*
- f) Plesser dan tang, untuk menekuk tulangan baja.
- g) Satu set alat perakitan bekisting.
- h) Pisau *Circle*, untuk memotong bata.

3.3.2. Bahan

- a) Bata merah lokal cetak tangan dengan kekuatan menengah.
- b) Pasir hitam lolos saringan no. 10.
- c) Batu pecah lolos saringan 3/8", tertahan saringan 4".
- d) Portland Cement Tipe I.
- e) Air.
- f) Baja polos ukuran $\emptyset 10$, $\emptyset 8$, $\emptyset 5$.
- g) Baja lunak ukuran $\emptyset 2,3$.
- h) Kawat Bendrat.
- i) Kayu reng 2/3, kayu usuk 3/5, multiplek 9 mm dan paku.

3.4. Benda Uji

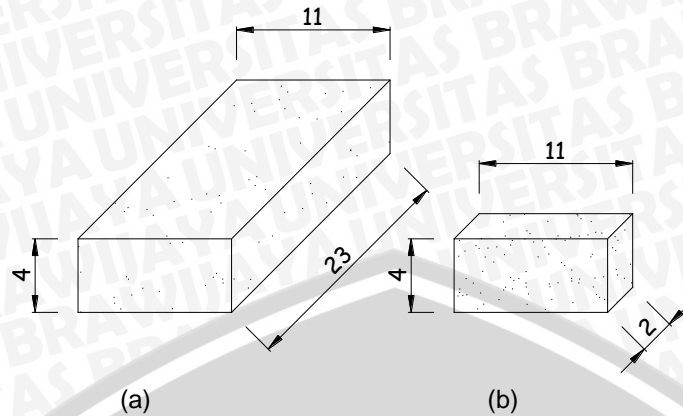
Pada penelitian ini dibuat dinding terkekang sebanyak 9 unit. Dari 9 unit, dibagi menjadi 3 jenis dinding diantaranya adalah dinding tanpa bukaan, dinding dengan bukaan tengah, dan dinding dengan bukaan tepi. Dengan demikian tiap jenis dinding terdiri dari 3 unit sampel.

Dinding Pada penelitian ini, benda uji merupakan dinding yang telah di skala sehingga ukurannya menjadi lebih kecil. Ukuran dinding menjadi $120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$. Sisi terluar dinding terdapat kolom praktis dan balok yang menyerupai bangunan sesungguhnya. Kolom dan balok berdimensi $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$. Pada bangunan normal, yaitu rumah tinggal dinding diasumsi $300 \text{ cm} \times 300 \text{ cm}$. Sedangkan untuk ukuran kolom praktis dan balok adalah $11 \text{ cm} \times 11 \text{ cm}$ sesuai dengan lebar bata dan ketebalan plesteran. Perbedaan dimensi dinding dilapangan dan dinding pemodelan dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Penggunaan Skala pada Model Dinding

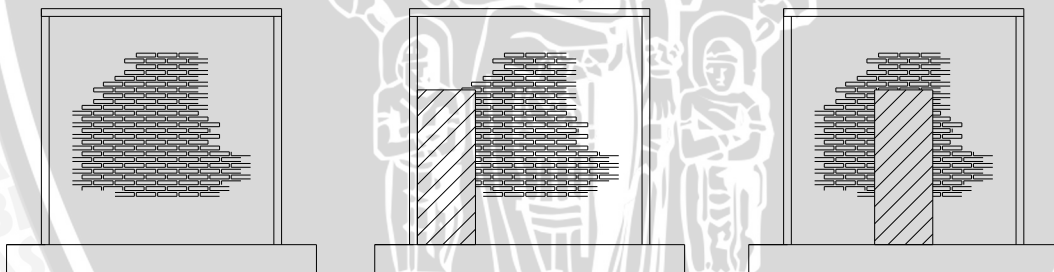
<i>Elemen</i>	<i>Eksisting (cm)</i>	<i>Model (cm)</i>	<i>Keterangan</i>
Bata	$23 \times 11 \times 4$	$11 \times 5 \times 4$	
Dinding	$300 \times 300 \times 15$	$120 \times 120 \times 4$	
Kolom	11×11	5×5	
Balok ring	11×11	5×5	

Pemilihan sampel bata didasarkan pada banyaknya bata yang beredar di daerah Malang. Masyarakat Malang cenderung menggunakan batu bata yang berasal dari daerah Turen. Proses produksi bata masih menggunakan metode-metode tradisional. Dimensi dari bata tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1. (a) dan (b)



Gambar 3.1. Bata ukuran normal dan setelah diskala

Bata-bata tersebut merupakan material pokok dalam membuat model dinding. Pada kondisi asli, suatu bangunan rumah tinggal harus memiliki sarana mobilisasi bagi penghuni untuk berpindah tempat serta sirkulasi udara yang baik untuk menjaga aspek kesehatan rumah, serta adanya sekat-sekat pemisah antar ruang untuk menjaga kenyamanan. Dari uraian tersebut maka model dinding juga akan dibagi dalam dua jenis yaitu dinding tanpa bukaan dan dinding dengan bukaan. Bukaan ini diasumsi sebagai lubang pintu dengan ukuran model $36 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$. Letak bukaan akan bervariasi, yaitu pada tepi dan tengah dinding. Model dinding ditampilkan pada Gambar 3.2

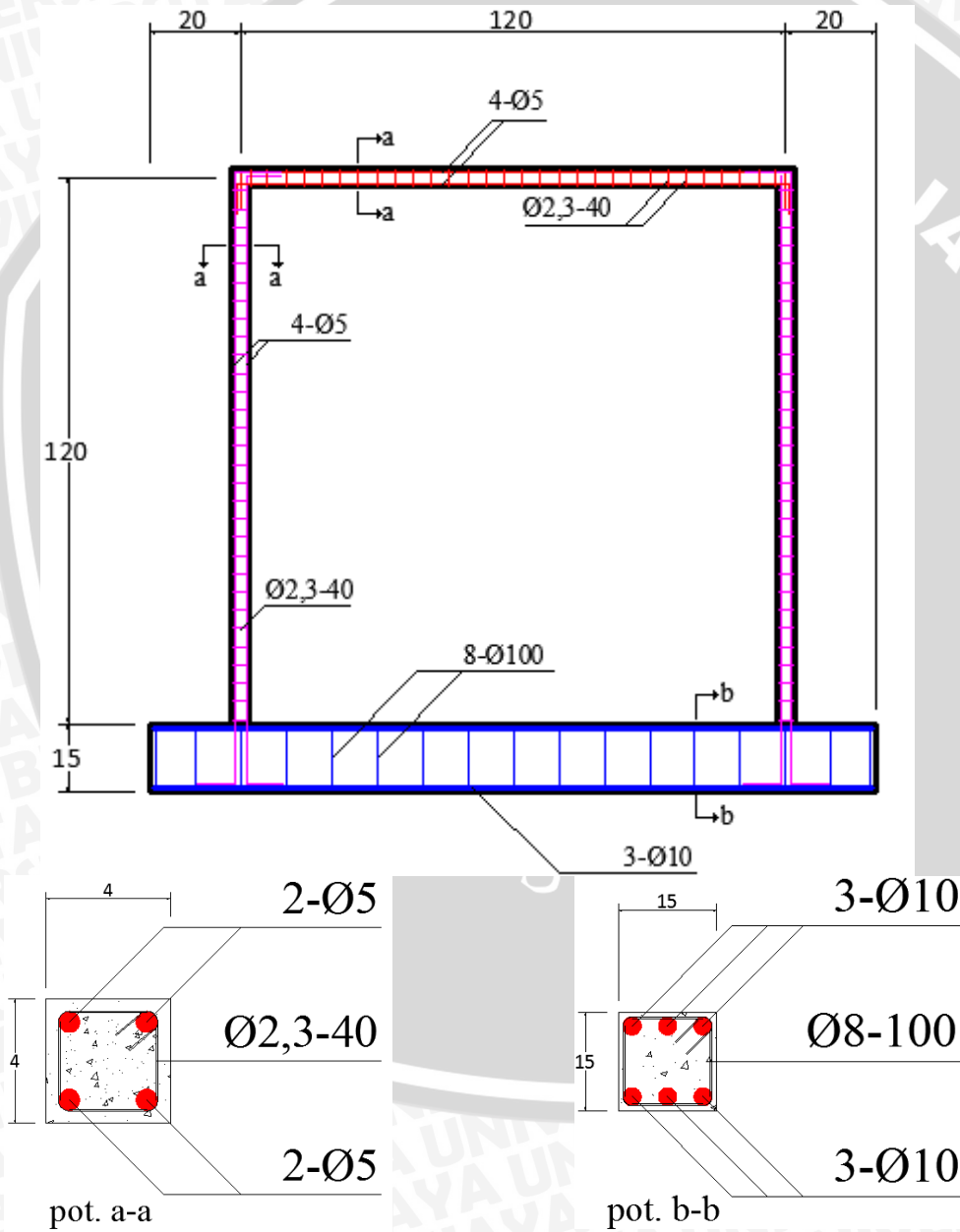


Gambar 3.2. Model dinding tanpa bukaan serta dinding dengan bukaan

Campuran mortar yang digunakan dalam dinding memiliki komposisi 1 Semen : 5 Pasir Pasang. Sedangkan pada elemen balok-kolom, dengan komposisi campuran 1 Semen : 2 Pasir : 3 Kerikil dengan fas maksimum 0,5. Elemen model balok-kolom diberi perkuatan dengan tulangan utama $\text{Ø}5$ dan tulangan geser berupa baja lunak $\text{Ø}2,6-40 \text{ mm}$. Pada komposisi balok kolom, digunakan batu pecah yang tertahan saringan $4''$ lolos saringan $3/8''$. Hal tersebut dimaksudkan agar kepadatan beton balok kolom dapat terjaga sehingga mampu merepresentasikan kondisi aslinya. Sebagai fondasi dibuat balok dengan tulangan utama $\text{Ø}10$ serta tulangan geser $\text{Ø}8-100 \text{ mm}$. Penggunaan perkuatan tulangan baja diperlihatkan pada Tabel 3.2 dan sketsa dapat dilihat pada Gambar 3.3

Tabel 3.2. Tabulasi perkuatan yang digunakan

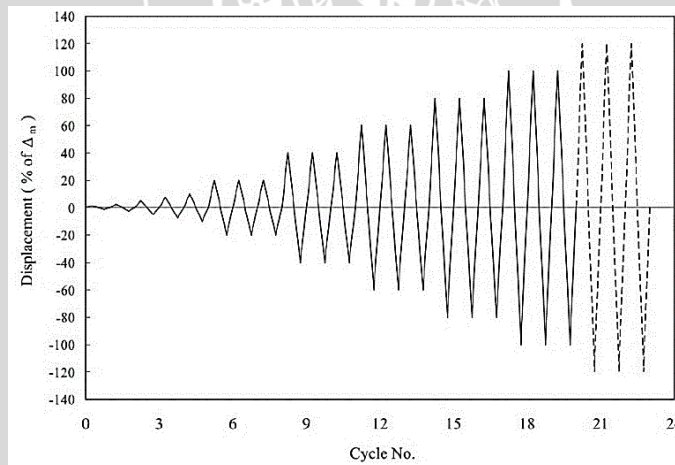
Elemen	Tulangan	Keterangan
Sloof 15/15	6- Ø10	LENTUR
	Ø8-100	GESER
Kolom 5/5	4- Ø5	TEKAN
	Ø2,3-40	GESER
Balok ring 5/5	4- Ø5	LENTUR
	Ø2,3-40	GESER



Gambar 3.3. Sketsa penulangan pada dinding terkekang

3.5. Metode Uji ASTM E 2126-05

ISO displacement protocol merupakan prosedur pembebanan dengan perpindahan-terkontrol dimana siklus perpindahan digolongkan pada beberapa fase. Pada setiap fase tersebut terjadi peningkatan besarnya perpindahan. Pola pembebanan pada metode ini terdiri dari dua jenis nilai perpindahan (Gambar 3.4). Pola pertama terdiri dari 5 siklus penuh dengan besarnya perpindahan pada masing-masing siklus yaitu 1,25 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 %; dan 10 % dari nilai perpindahan ultimit (Δ_m). Pola kedua terdiri beberapa fase, dimana setiap fase terdiri dari tiga siklus penuh dengan amplitudo yang sama untuk setiap siklusnya. Penambahan besarnya amplitudo perpindahan sebesar 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %, dan 120 % dari perpindahan ultimit (Δ_m). Nilai perpindahan ultimit (Δ_m) ditentukan berdasarkan nilai rata-rata perpindahan maksimum pada percobaan pembebanan monolithic (static) pada konstruksi model dinding yang serupa. Penambahan nilai amplitudo besarnya perpindahan (Tabel 3.3). Namun pada penelitian sebelumnya, nilai perulangan telah disesuaikan sebanyak dua kali ulangan pada tiap kenaikan nilai perpindahan (Tabel 3.4).



Gambar 3.4. Pola pembebanan

Sumber: ASTM E-2126

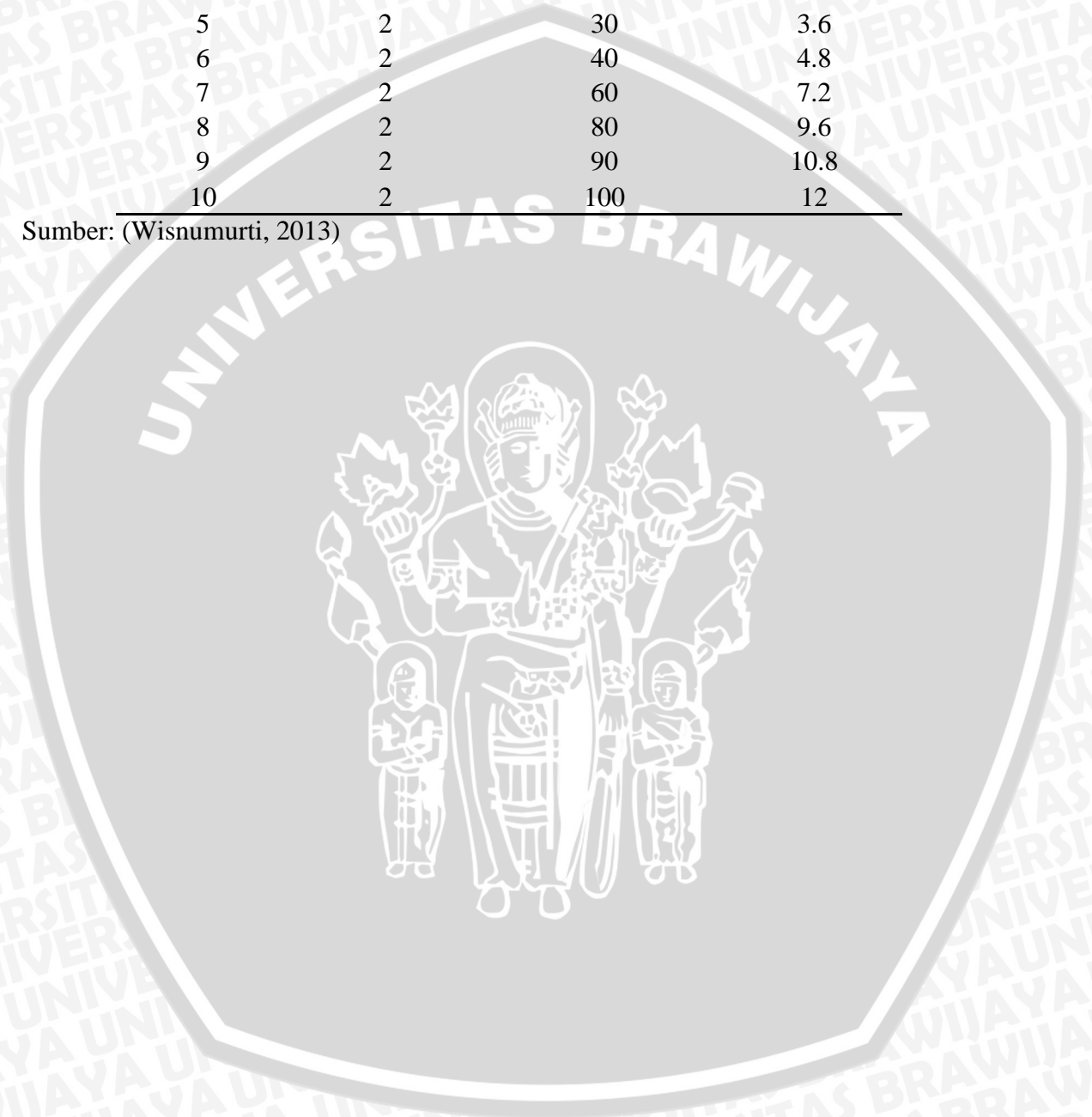
Tabel 3.3. Nilai perpindahan

Pattern	Step	Minimum Number of Cycles	Amplitude, % Δ_m
1	1	1	1.25
	2	1	2.5
	3	1	5
	4	1	7.5
	5	1	10
2	6	3	20
	7	3	40
	8	3	60
	9	3	80
	10	3	100
	11	3	Additional increments of 20 (until wall failure)

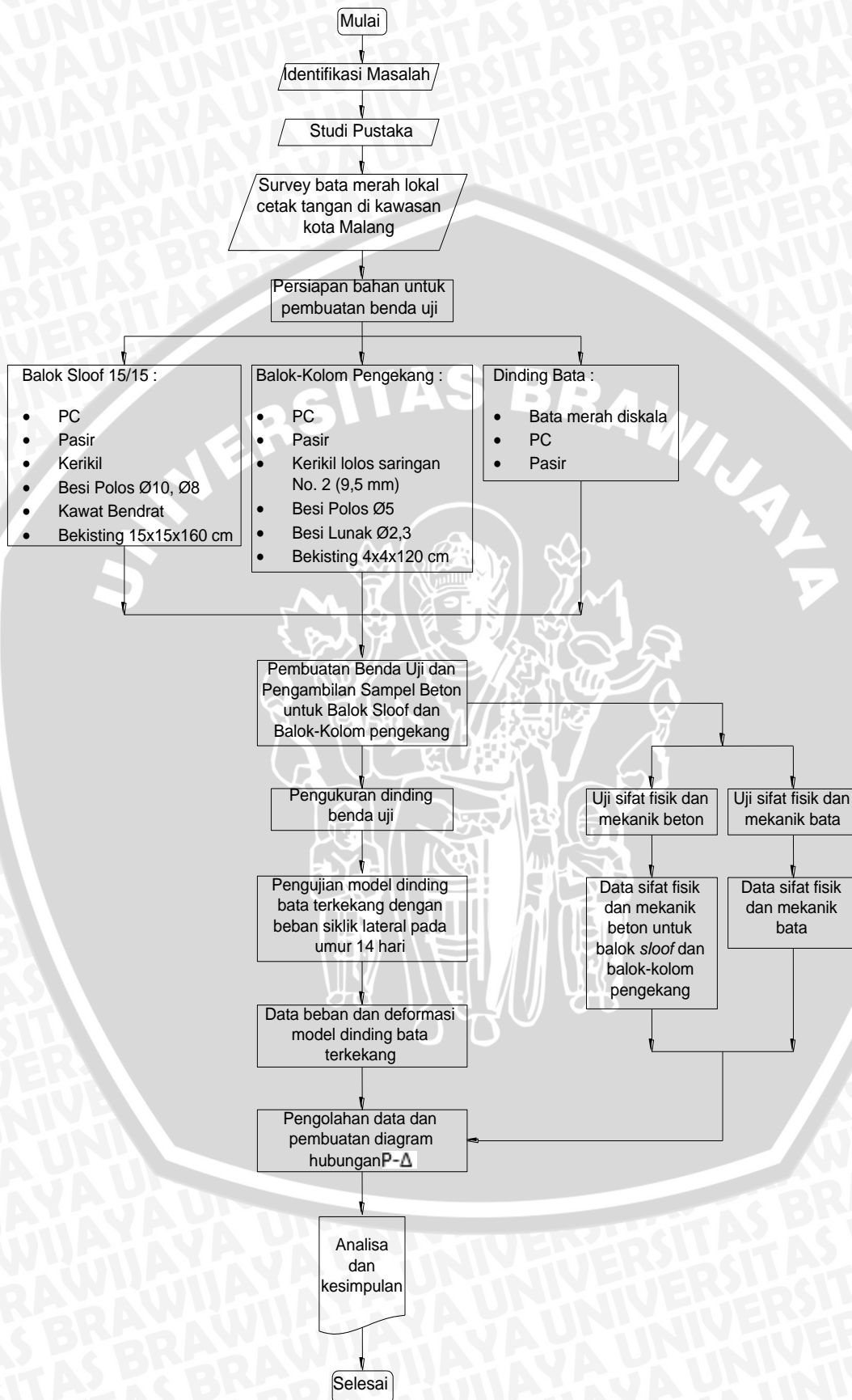
Tabel 3.4 Penyesuaian pola dari metode B (ASTM E-2126)

<i>Step</i>	<i>Minimum Number of Cycles</i>	<i>Amplitude, % Δm</i>	<i>Displacement (mm)</i>
1	2	2.5	0.3
2	2	5	0.6
3	2	10	1.2
4	2	20	2.4
5	2	30	3.6
6	2	40	4.8
7	2	60	7.2
8	2	80	9.6
9	2	90	10.8
10	2	100	12

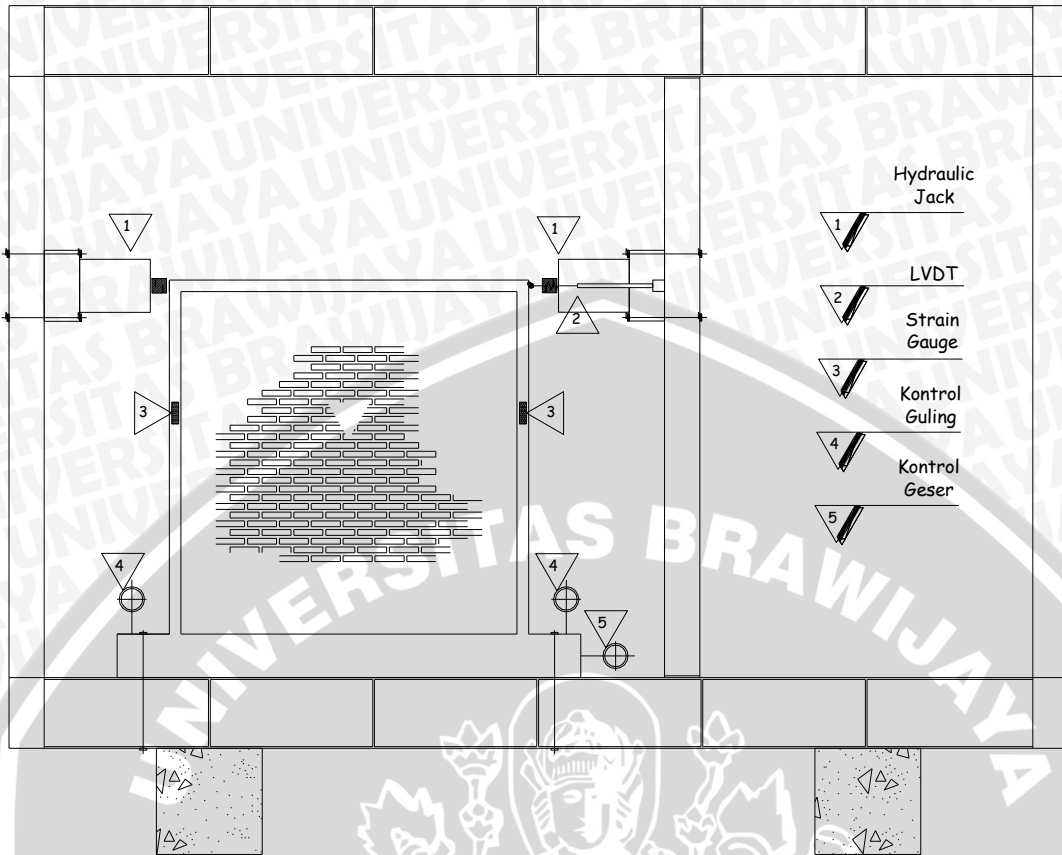
Sumber: (Wisnumurti, 2013)



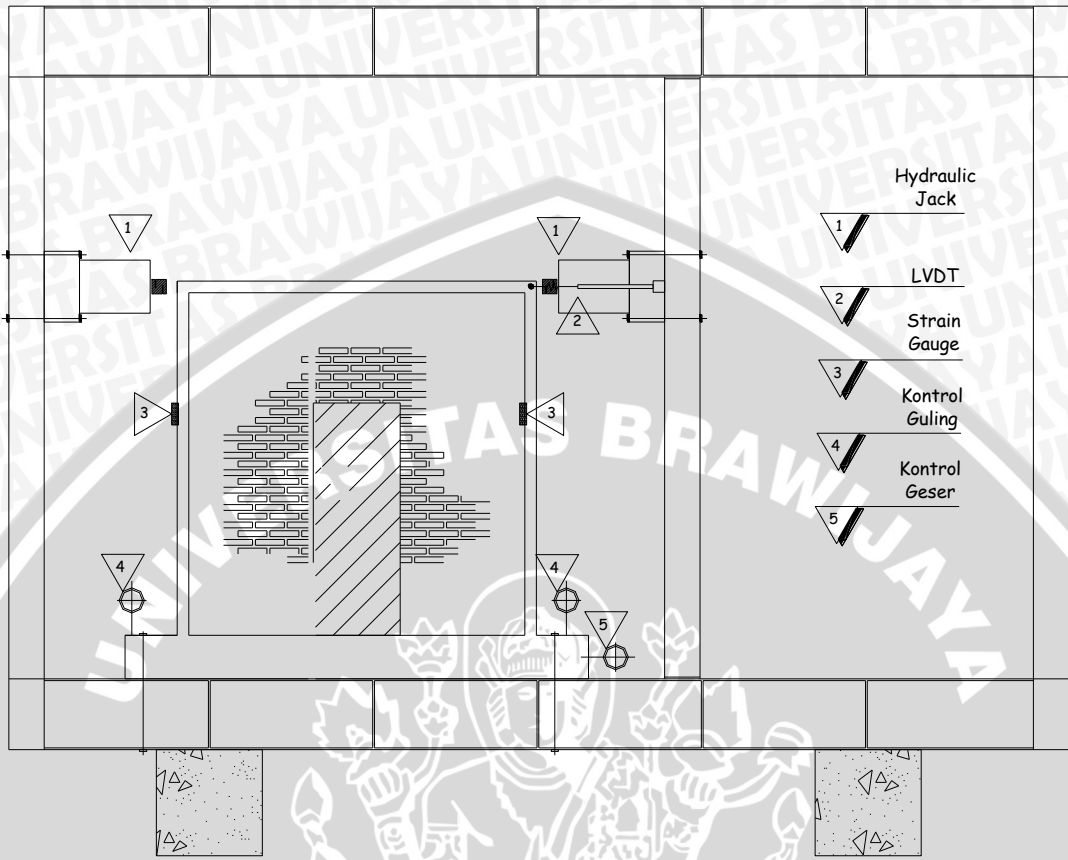
3.6. Flowchart Penelitian



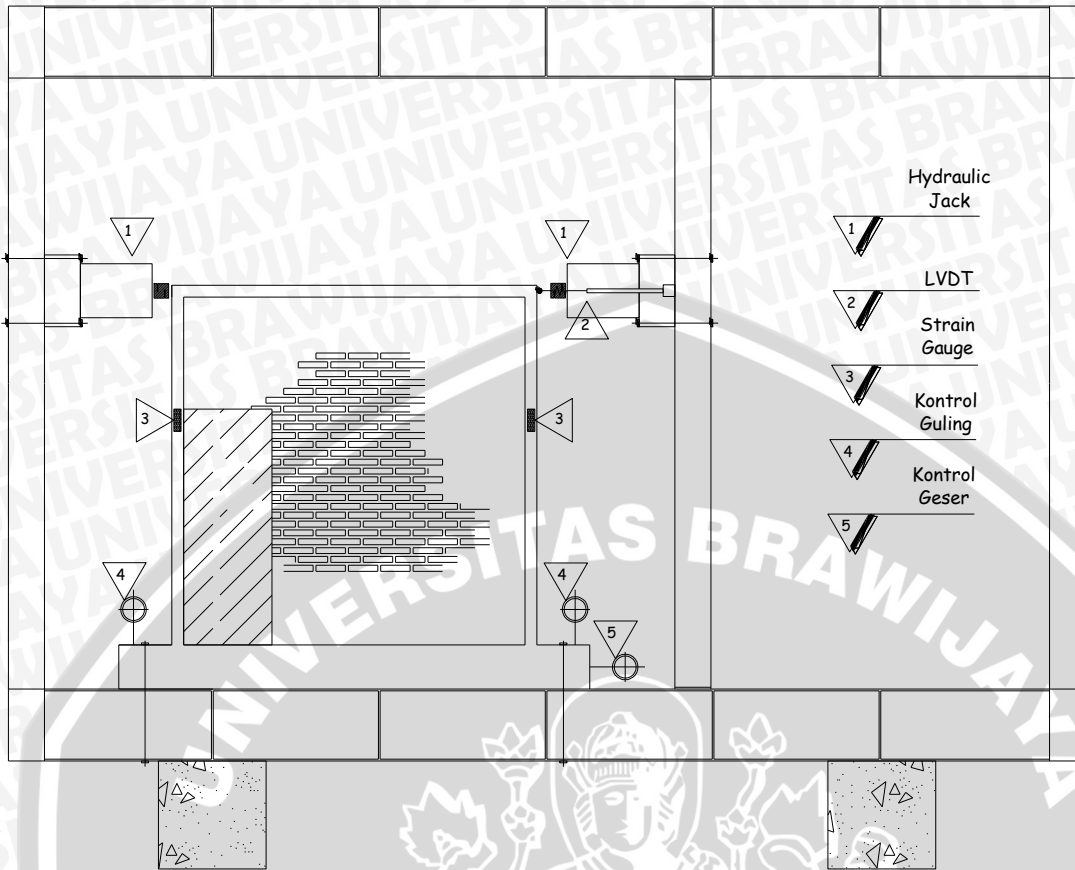
Gambar 3.5 Flowchart penelitian



Gambar 3.6. Set up pengujian sampel (A)



Gambar 3.7. Set up pengujian sampel (B)



Gambar 3.8. Set up pengujian sampel (III)

3.7. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengacu prosedur sebagai berikut:

- 1) Melakukan tinjauan literatur mengenai beban siklik dan dinding bata terkekang beserta metode pengujian.
- 2) Pembuatan model dinding yang disesuaikan dengan kondisi asli dilapangan.
- 3) Pembuatan model dinding.
 - a. Pemotongan bata merah dengan skala 1:2,0.
 - b. Membuat satu set bekisting dan perakitan tulangan untuk kebutuhan balok *sloof* berukuran 15 cm × 15 cm, balok ring 4,0 cm × 4,0 cm, dan kolom 4,0 cm × 4,0 cm.
 - c. Pengecoran balok *Sloof*.
- 4) Perakitan dinding beserta elemen pengekang.
 - a. Membuat mortar dengan perbandingan komposisi 1 PC: 5 Pasir Pasang.
 - b. Membuat beton dengan komposisi 1 PC : 2 Pasir : 3 Kerikil.
 - c. Pemasangan bata merah yang dengan ketebalan mortar 1 cm, diiringi pengecoran kolom dan diakhiri dengan pengecoran balok ring.
 - d. Pemasangan angkur pada kolom disetiap 6 lapisan bata.
- 5) Perawatan beton sampai umur 3 hari.
- 6) Pengujian model setelah berumur lebih dari 28 hari. Pengujian dilakukan dengan memberi beban siklik lateral dengan metode ASTM E 2126-05.
- 7) Pencatatan data input yang dihasilkan oleh bantuan alat baca pada pengujian.
- 8) Pengujian fisik dan mekanik dinding bata terkekang.
- 9) Pengujian fisik dan mekanik pada elemen dinding.
 - a. Pengujian fisik bata merah.
 - b. Pengujian kolom (SNI-03-2847-2002).
 - c. Pengujian mekanik mortar.
 - d. Pengujian mekanik bata merah (SNI 15-2094-2000; ASTM C-1314; ASTM E-519).
- 10) Pembuatan kurva hubungan P-Δ.
- 11) Analisa dan pembahasan hasil pengujian.
- 12) Penarikan kesimpulan, Variabel Penelitian

3.8. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah adanya bukaan dan letak bukaan. Pada dinding terdapat bukaan yang terletak pada tengah dan tepi. Bukaan pada tepi berimpit dengan kolom praktis.

3.9. Tabel Rencana Pengujian

No. Langkah	Δ (mm)	Kontrol			Koreksi Guling (mm)	Δ Terkoreksi (mm)	P (Kg)	RETAKAN/ KETERANGAN
		Guling 1 (mm)	Guling 2 (mm)	Geser (mm)				

3.10.1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini merupakan nilai beban kerja yang terjadi pada saat pemberian deformasi kemudian diplot dalam grafik hubungan P- Δ .

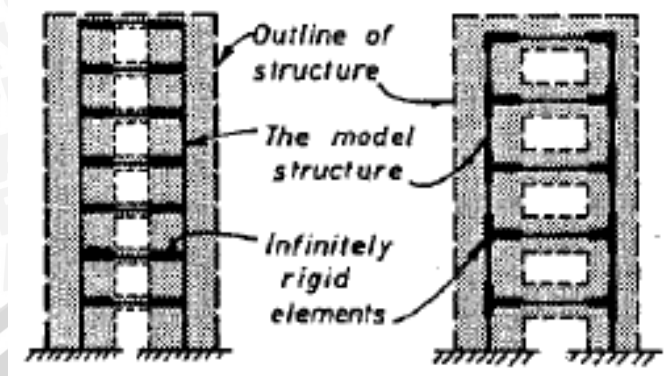
3.10.2. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini merupakan deformasi dan beberapa elemen geometrik dinding. Elemen tersebut diantaranya adalah dimensi balok-kolom, ketebalan dinding, lebar dinding, ketinggian dinding, perkuatan yang dipakai pada balok Ø10, Ø8, dan kolom menggunakan Ø5; Ø2,3.

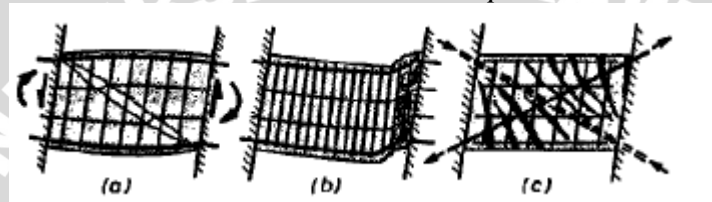
3.10. Hipotesis

- Pada penelitian ini, struktur dinding yang tidak memiliki bukaan cenderung memiliki proporsional kekuatan tertinggi, kemudian dilanjutkan oleh dinding yang memiliki bukaan tepi. Sedangkan kekuatan terendah terjadi pada dinding yang memiliki letak bukaan pada tengah. Hal tersebut dikarenakan luasan bukaan tengah memiliki nilai proporsional terkecil dapat dikategorikan sebagai *coupled wall* dengan tambahan *coupling beam* ditunjukkan pada Gambar 3.9. Dengan adanya *coupling beam* yang berupa balok ring dan pasangan bata merah, struktur *coupling beams* menjadi tidak rigid sehingga transfer beban lateral menjadi tidak sempurna dan deformasi menjadi lebih besar dari pada dinding bukaan tepi.
- Pola kurva histeristik pada dinding dengan bukaan tengah akan simetris, sebab luasan dinding yang bekerja dalam menahan beban lateral terbagi rata. Sebaliknya pada dinding dengan bukaan tepi akan bersifat asimetri dikarenakan luasan tidak terbagi merata.

- c) Pola retak yang terjadi pada dinding akan berbeda mengingat letak bukaan mempengaruhi kapasitas geser dinding.



Gambar 3. 9 Pemodelan *coupled wall*



Gambar 3. 10. Coupling beams





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Elemen Pengisi Dinding Terkekang

Pada dinding terkekang, struktur terdiri oleh beberapa elemen antara lain adalah bata merah, balok ring, balok sloof, dan kolom. Dalam pengujian ini, semua elemen diuji fisik dan mekanis sesuai dengan fungsi masing-masing.

4.1.1. Pengukuran Fisik Pada Dinding

Kondisi fisik perlu diperhatikan dan dievaluasi dengan cara melihat kondisi dinding secara visual. Selain itu dilakukan pengukuran di beberapa tempat, dengan demikian didapatkan dimensinya. Dimensi sangat mempengaruhi kekuatan dinding, sebab salah satu nilai berasal dari luasan dan *crosssectional area* yang ada. Proses pengerjaan dinding dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2. Sedangkan dimensi dinding ditabulasikan pada Tabel. 4.1.



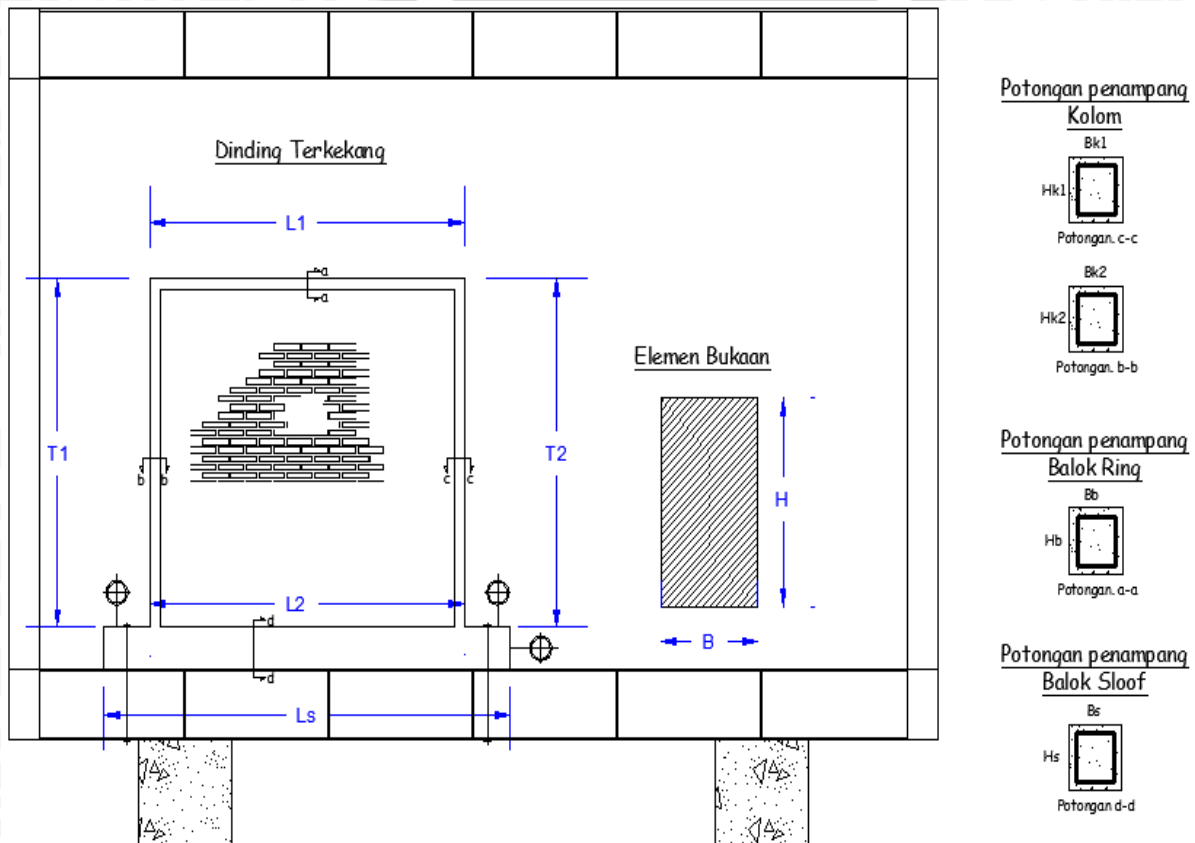
Gambar 4.1. Proses awal pengerjaan dinding



Gambar 4.2. Dinding yang hampir selesai

Pekerjaan pembuatan dinding dilakukan oleh satu tukang dengan dibantu satu kuli. Dalam pelaksanaannya, tentu belum dapat mencapai tingkat kerapian dan presisi yang

sempurna. Dengan demikian dilakukan pengukuran pada tiap sampel dinding. Identitas dinding diberikan dengan kode huruf kapital A (dinding tanpa bukaan), B (dinding dengan bukaan ditengah), dan C (dinding dengan bukaan di tepi). Selain memberikan kode/identitas, sebelum melakukan pengujian dinding terlebih dahulu diukur dimensinya. Pengukuran dinding dilakukan pada dimensi sloof, dimensi kolom, dimensi balok, jarak alat baca dan elevasi pembebanan pada dinding. Pengukuran dimensi dinding dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Dimensi untuk pengukuran dinding

Tabel 4.1 Hasil pengukuran dinding.

No.	Kode	Kolom				Balok Ring			Bukaan		Sloof
		T1	T2	Bk1/Hk2	Bk2/Hk2	L1	L2	Bb/Hb	Letak	B/H	L
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm
1	A1	121	122	4,9/5,0	5,0/5,0	127	124	4,0/4,7	-	-	160,0
2	A2	120	125	4,5/5,0	5,0/5,0	126,5	125	4,0/4,5	-	-	160,0
3	A3	120	120	4,9/5,0	4,4/5,0	127	123	4,0/4,7	-	-	160,0
4	B1	120	121	4,8/5,0	5,0/5,7	122	121	5,0/5,0	Tengah	36/82,5	160,0
5	B2	121	122	4,5/5,0	4,0/5,0	124	125	4,0/5,0	Tengah	38/83,5	159,0
6	B3	118	118	4,1/5,0	4,2/5,0	127,5	127	4,0/4,5	Tengah	46/80	160,0
7	C1	119,5	120	4,7/4,7	4,4/5,6	125,2	126,5	4,0/5,0	Tepi	40,4/82	160,5
8	C2	119,5	121	4,5/4,5	4,9/4,9	129	124	4,0/4,5	Tepi	40,5/85	159,0
9	C3	120	120	4,8/4,8	4,5/5,0	124	123	4,3/5,5	Tepi	35,5/84,5	160,0

	T1	T2	Bk1
Rata-rata	119.89	121.00	4.63
S-Dev	0.84	1.83	0.24
COV	0.0070	0.0151	0.0529
<i>Bias Index</i>	0.70%	1.51%	5.29%

	Hk1	Bk2	Hk2
Rata-rata	4.89	4.60	5.13
S-Dev	0.17	0.36	0.28
COV	0.0354	0.0787	0.0543
<i>Bias Index</i>	3.54%	7.87%	5.43%

	B	H	L
Rata-rata	39.40	82.92	159.83
S-Dev	3.52	1.67	0.47
COV	0.0894	0.0201	0.0029
<i>Bias Index</i>	8.94%	2.01%	0.29%

	L1	L2	Bb	Hb
Rata-rata	125.80	124.28	4.13	4.82
S-Dev	2.05	1.75	0.33	0.32
COV	0.0163	0.0141	0.0802	0.0654
<i>Bias Index</i>	1.63%	1.41%	8.02%	6.54%

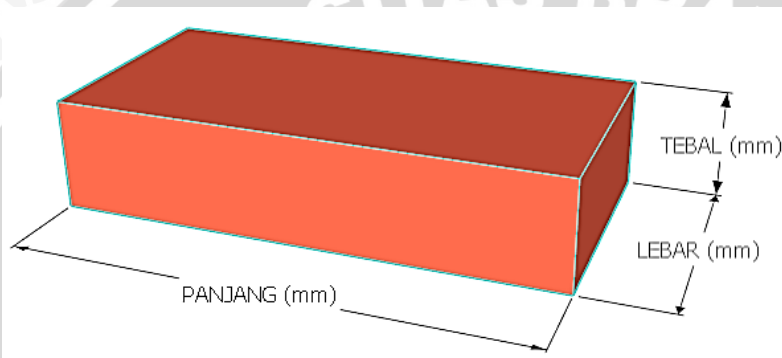
Dimensi memberikan peranan penting pada saat pengujian beban siklik. Oleh sebab itu kualitas pekerjaan pembuatan dinding harus dijaga. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa para pekerja membuatnya dengan baik. Dimensi pengekan meliputi balok, kolom dan sloof memiliki penyimpangan ukuran yang relatif kecil. Nilai penyimpangan terbesar terletak pada potongan penampang lebar balok ring (Bb) sebesar 8,02 %. Sedangkan penyimpangan terkecil terdapat pada tinggi kolom bagian kiri (T1) sebesar 0,70%.

4.1.2. Pengukuran Fisik Bata Merah

Pada penelitian ini, pengukuran dimensi dilakukan pada bata merah yang terskala maupun pada kondisi bata aktual. Selain mempertimbangkan konsistensi dimensi, pengukuran juga dilakukan pada berat. Sampel diambil sebanyak 15 bata secara acak. Pengukuran dimensi bata dilakukan dengan bantuan alat jangka sorong dan neraca (ketelitian 0,01 gram). Secara visual, bentuk bata merah terskala dan aktual diperlihatkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4. Perbandingan visual bata terskala dan aktual



Gambar 4.5. Ilustrasi ukuran dimensi bata



Gambar 4.6 (a) Jangka Sorong; (b) Neraca

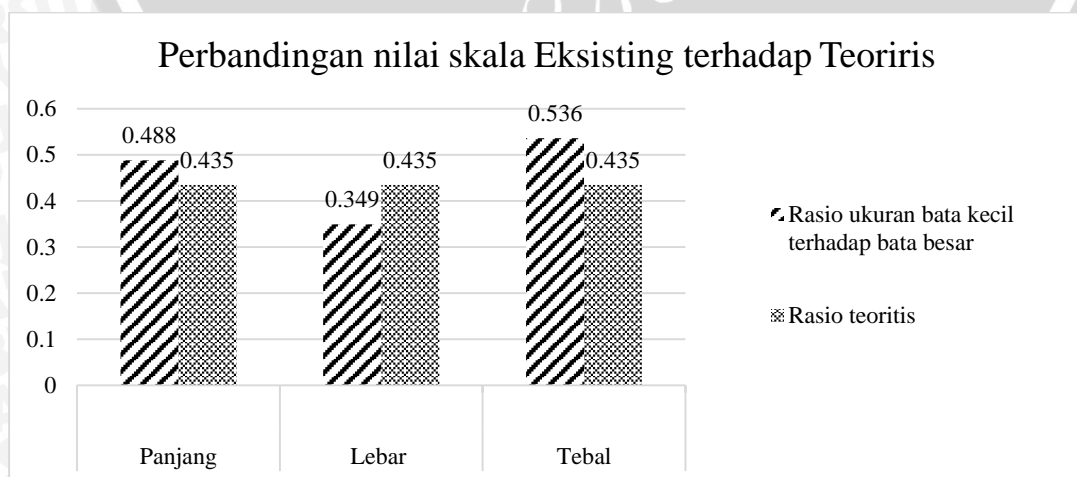
Tabel 4.2 Hasil pengukuran dimensi bata asli dan terskala.

	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (gr)	Berat Isi (gr/cm ³)
Bata merah terskala					
Rata-rata	10.86	3.78	2.13	105.12	1.20
S-Dev	0.11	0.17	0.05	10.21	0.08
COV	0.0097	0.0441	0.0256	0.0971	0.0646

Bata merah asli					
Rata-rata	22.25	10.82	3.98	1374.53	1.44
S-Dev	0.25	0.15	0.22	113.87	0.12
COV	0.0114	0.0142	0.0543	0.0828	0.0829
Rasio ukuran bata kecil terhadap bata besar					
	0.488	0.349	0.536	0.076	0.835
n	15				

Dari data yang didapatkan, terlihat dimensi yang memiliki nilai penyimpangan terbesar terdapat pada berat bata merah terskala dengan nilai 9,71 %. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh adanya air yang terabsorpsi dalam bata. Penyimpanan sebagian bata tidak terlindung dari adanya air hujan. Sedangkan penyimpangan terkecil terdapat pada panjang bata dengan nilai 0,97 %. Penyimpangan tersebut bernilai kecil sebab, pemotongan bata dilakukan dengan cara memotong bata sejajar dengan arah lebar bata. Dimensi lebar bata aktual memiliki konsistensi yang baik ditunjukkan dengan nilai sebesar 1,42 %. Pada bata terskala, lebar bata memiliki nilai penyimpangan sebesar 4,41 %. Penyimpangan lebar bata terskala cukup besar, seperti halnya tebal bata aktual sebesar 5,43% sebab pada bata terskala lebar merupakan tebal dari bata aktual. Sedangkan panjang bata terskala merupakan lebar dari bata aktual.

Nilai perbandingan dimensi bata ditunjukkan oleh grafik 4.1. Dari grafik tersebut terjadi selisih dimensi dari panjang, lebar dan tebal bata pada kondisi eksisting dan teoritis. Prosentase nilai selisih yang terjadi untuk panjang sebesar 12 %, lebar sebesar -20 %, dan tebal sebesar 23%. Prosentase nilai selisih pada lebar bernilai negatif, hal tersebut menunjukkan bahwa rasio ukuran bata kecil terhadap bata besar yang terjadi kurang dari rasio teoritis.



Grafik 4.1 Perbandingan nilai dimensi skala Eksisting terhadap Teoritis

4.2. Pengujian Material Bahan Penyusun pada Dinding Bata Terkekang

Pengujian material penyusun dinding dilakukan pada beberapa elemen pada dinding. Pengujian tersebut mengacu pada beberapa standar, maupun dari referensi yang telah ada. Elemen yang diuji dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Jenis pengujian pada dinding

ELEMEN	UJI		
	TEKAN	TARIK	GESER
Sloof	+		
Balok	+		
Kolom	+		
Mortar	+		
Bata merah terskala		+	
Prisma Bata	+		+

4.2.1. Hasil Pengujian Tekan pada Elemen Pengekang Dinding (Kolom)

Elemen pengekang dinding berupa kolom dan balok yang terbuat dari bahan beton, yang kondisinya mirip dilapangan. Pada balok dan kolom juga terdapat besi tulangan lentur dan geser. Campuran yang digunakan untuk membuat beton adalah semen, pasir, dan kerikil. Perbandingan pada campuran ini adalah 1 PC : 3 PS : 1 KR. Namun pada kondisi aslinya, umum dipakai perbandingan 1 PC : 2 PS : 3 KR. Hasil pengujian kuat tekan elemen balok dan kolom pengekang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tabel Uji kuat tekan kolom pengekang

	Kuat Tekan Karakteristik (K)	Rata-Rata	Maksimum	Minimum	S-Dev	COV	n
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	%	-
Kolom A2	116.40						
Kolom B2	107.10						
Kolom B3	195.48	155.18	264.48	92.43	65.31	0.42	15
Kolom C2	92.43						
Kolom C3	264.48						

Perbandingan proporsional campuran elemen pengekang pada dinding model dan aktual tidak sama, sebab jika dipakai perbandingan yang sama maka akan mempersulit proses pengecoran balok maupun kolom.

Dari data yang tersaji, terdapat dua buah sampel yang memiliki kuat tekan diatas sampel-sampel lain. Hal tersebut dikarenakan akibat kesalahan dalam pemilihan sampel.

4.2.2. Uji Tekan pada Material Balok Sloof dengan Metode SNI-03-2847-2002

Struktur dinding ditopang dengan menggunakan balok sloof. Balok sloof yang digunakan diupayakan tidak mengalami kegagalan saat pembebanan lateral. Balok direncanakan memiliki proporsi campuran 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil. Pengujian beton balok sloof menggunakan silinder berdiameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm. Hasil pengujian kuat tekan dinding dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5. Data hasil uji kuat tekan beton sloof.

Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Rata-Rata (Kg/cm ²)	Maksimum (Kg/cm ²)	Minimum (Kg/cm ²)	S-Dev (Kg/cm ²)	COV %	n
Sloof A1	268.8						
Soof A2	241.5						
Sloof B1	256.4	226.56	268.8	173.2	37.0894	1.6371	5
Sloof C1	192.9						
Sloof C3	173.2						

4.2.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar pada Dinding Terkekang

Komposisi mortar sebagai pengikat bata adalah 1 semen : 5 pasir. Dalam hal ini pasir yang digunakan lolos saringan nomor 8. Penggunaan pasir tersebut adalah untuk kemudahan pekerjaan. Dimensi mortar yang digunakan pada pengujian ini adalah 1,5 dan 2,0 cm berbentuk kubus. Bentuk sampel ditunjukkan pada Gambar 4.7, hasil pengujian ditabulasikan pada Tabel 4.6



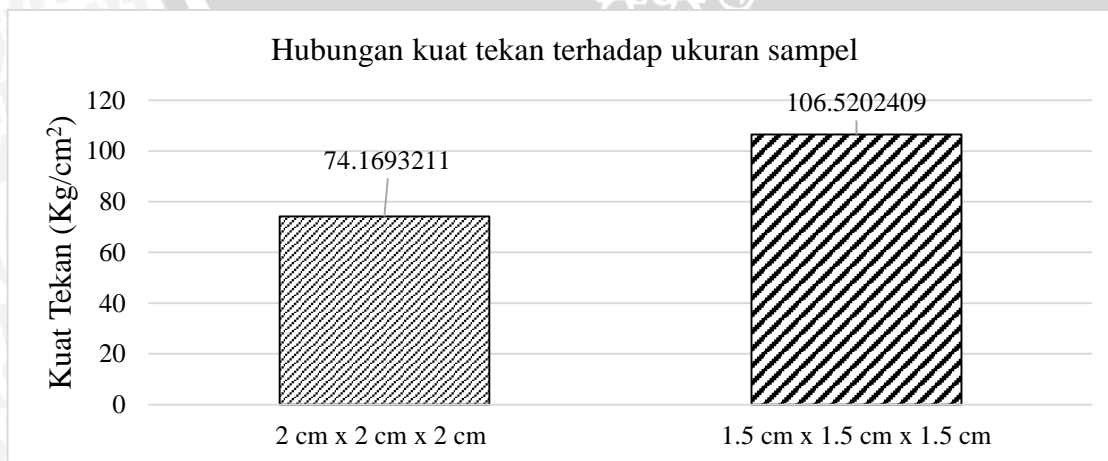
Gambar 4.7 Beberapa sampel mortar.

Tabel 4.6 Data kuat tekan mortar

Dimensi	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Rata-rata (Kg/cm ²)	Min (Kg/cm ²)	Max (Kg/cm ²)	S-Dev (Kg/cm ²)	COV %	n
2 cm × 2 cm × 2 cm	59.43	74.17	59.43	82.46	10.45	0.15	3
	82.46						
	80.62						
1.5 cm × 1.5 cm × 1.5 cm	127.80	106.52	63.06	129.72	22.77	0.22	6
	95.39						
	106.34						
	63.06						
	129.72						
116.81							

Pengujian mortar dilakukan dengan cara memberi tekanan mortar kubus. Peralatan yang digunakan diantaranya Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian diantaranya adalah *hydraulic jack* berkapasitas 150 kN, dan *load cell* berkapasitas 5 ton. Pembebanan dilakukan dengan cara menekan kubus mortar sampai mengalami keruntuhan, kemudian mencatat nilai beban (Kg) dan kemudian dibagi dengan luasan bidang kontak (cm²). Untuk melakukan pengujian tekan mortar, kubus bata diberi alas berupa kardus pada bidang kontak agar distribusi beban dapat merata.

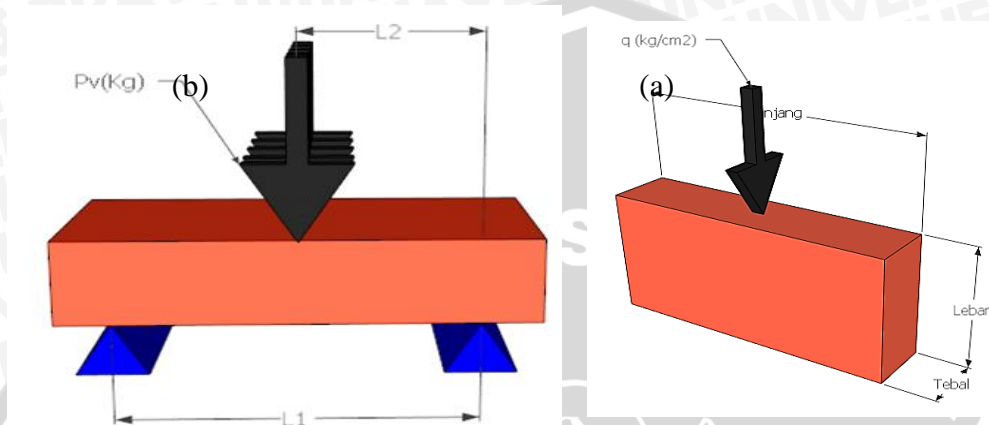
Pengujian kubus memberi pengaruh pada kuat tekan, pengaruh tersebut dikenal dengan istilah *size effect* sehingga perlu dilakukan koreksi. Nilai kuat tekan yang dicari adalah untuk kondisi kubus 15 cm × 15 cm. Faktor koreksi diantaranya adalah faktor umur (0,81), faktor konversi kubus ukuran 1,5 cm (0,83 dan 0,97), faktor konversi kubus ukuran 15 cm (0,64). Dari data dapat diketahui bahwa kuat tekan mortar dengan standar ukuran kubus 15 cm × 15 cm secara empirik terkecil senilai 74,17 Kg/cm² dan terbesar senilai 129,72 Kg/cm². Pengaruh *size effect* (Grafik4.2) menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar kubus 1,5 cm lebih besar 1,44 kali terhadap kubus 2,0 cm.



Grafik 4.2 Hubungan kuat tekan terhadap ukuran sampel

4.2.4. Karakteristik Mekanik Bata Merah

Pengujian mekanik bata merah dilakukan pada ukuran aktual dan terskala. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian diantaranya adalah *hydraulic jack* berkapasitas 150 kN, dan *load cell* berkapasitas 5 ton. Pada pengujian ini terdapat dua jenis metode yang diilustrasikan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Pengujian mekanik bata merah

Pembebanan dilakukan tegak lurus pada sumbu kuat dan sumbu lemah bata. Saat bata dibebani tegak lurus sumbu kuat (pembebanan b), data yang dicari adalah kuat tekan. Kemudian untuk kondisi pembebanan tegak lurus sumbu lemah (pembebanan a), data yang diperoleh adalah kuat tarik bata.

Untuk mendapatkan kuat tarik bata, dilakukan pengujian tekan yang dilakukan dengan membebani bata dengan beban terpusat pada tegak lurus sumbu lemah bata. Agar beban yang terjadi dapat menyerupai beban terpusat untuk menyalurkan beban digunakan tulangan polos dengan diameter 5,8 mm. Bata diberi tumpuan sendi pada kedua sisi, sehingga menyerupai gelagar kantilever seperti pada Gambar 4.9



Gambar 4.8. Pengujian tarik bata.

Pada pengujian Tarik bata, sampel diambil sebanyak 5 buah bata terskala. Hasil uji kuat Tarik bata secara empirik dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Hasil uji lentur bata terskala

	Tegangan Lentur (Kg/cm ²)	Jumlah Sampel
Rata-Rata	4.87	
Maksimum	7.19	
Minimum	3.35	5
S-Dev	1.40	
COV	0.29	

Dari data yang didapatkan, nilai kuat tarik bata terskala berkisar 4,87 Kg/cm². Dengan standar deviasi sebesar 1,40 Kg/cm².

Untuk mendapatkan hasil yang akurat pada uji tekan bata tegak lurus sumbu kuat, pembebanan dilakukan dengan cara perataan beban menggunakan kayu balok dengan luasan melebihi bata. Kemudian ditambah lapisan kardus untuk mencegah konsentrasi tegangan pada celah bata merah asli dan terskala. Secara jelas pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.9. Uji tekan bata merah pada sumbu kuat

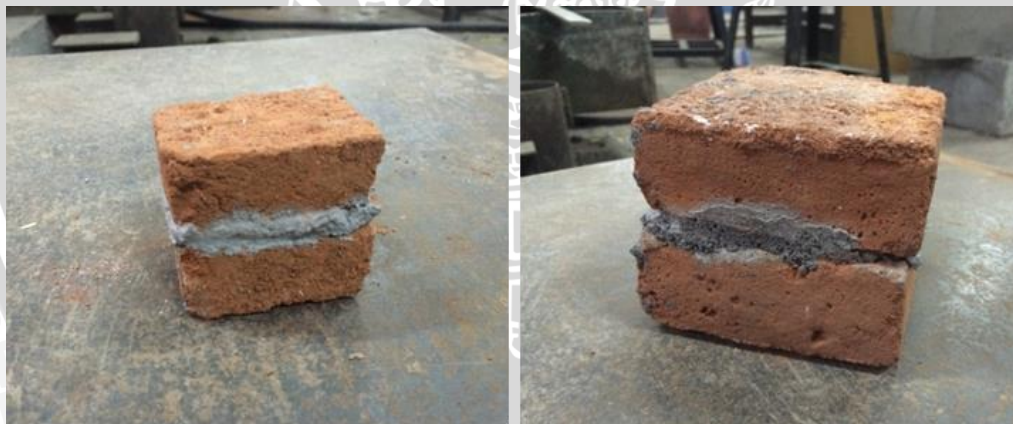
Tabel 4.8. Hasil uji tekan tegak lurus sumbu kuat.

	Kuat Tekan Bata Merah	
	Terskala (Kg/cm ²)	Asli (Kg/cm ²)
Rata-rata	6.33	7.44
Maximum	11.96	10.26
Minimum	0.70	5.70
S-Dev	3.53	1.86
COV	0.5584	0.2505

Pengujian kuat tekan bata terskala mengambil sebanyak 11 sampel, dari data didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 6,33 Kg/cm². Pada Tabel juga terlihat penyimpangan nilai kuat tekan sebesar 3,5 Kg/cm², hal tersebut dapat terjadi sebab lapisan kardus tidak dapat menutupi celah pada bata secara sempurna. Dengan demikian beban yang disalurkan pada bata tidak merata. Untuk pengujian kuat tekan bata aktual, kuat tekan rata-rata lebih besar dari bata terskala sebesar 7,44 Kg/cm². Akan tetapi penyimpangan kuat tekan lebih kecil dari bata terskala. Hal tersebut dikarenakan permukaan bata aktual cukup bagus dengan demikian beban dapat didistribusikan secara merata.

4.2.5. Uji Kuat Tekan Kubus Bata Merah Metode SNI 15-2094-2000

Pada pengujian ini sampel dibentuk dengan cara membuat prisma bata dengan lapisan bata-mortar-bata, bata yang digunakan adalah berupa potongan dari bata utuh. Pemotongan dilakukan dengan cara memukul kemudian diusahakan membentuk susunan tersebut menjadi sebuah kubus. Sampel yang dibuat terdiri dari prisma bata terskala dan prisma bata aktual. Komposisi campuran mortar adalah sama dengan komposisi mortar yang digunakan pada dinding. Hasil pembuatan prisma kubus bata dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.10. Prisma kubus bata

Pengujian kuat tekan untuk prisma kubus terskala dilakukan sama seperti uji tekan sebelumnya. Kemudian untuk pengujian prisma kubus bata aktual dibantu oleh *compression testing machine*, namun tetap menjaga kecepatan pembebanan. Pada pengujian ini juga diamati deformasi vertikalnya, sehingga menggunakan tambahan alat *ekstensometer*. Sampel yang diambil sebanyak 5 buah prisma kubus bata dan konfigurasi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4.12

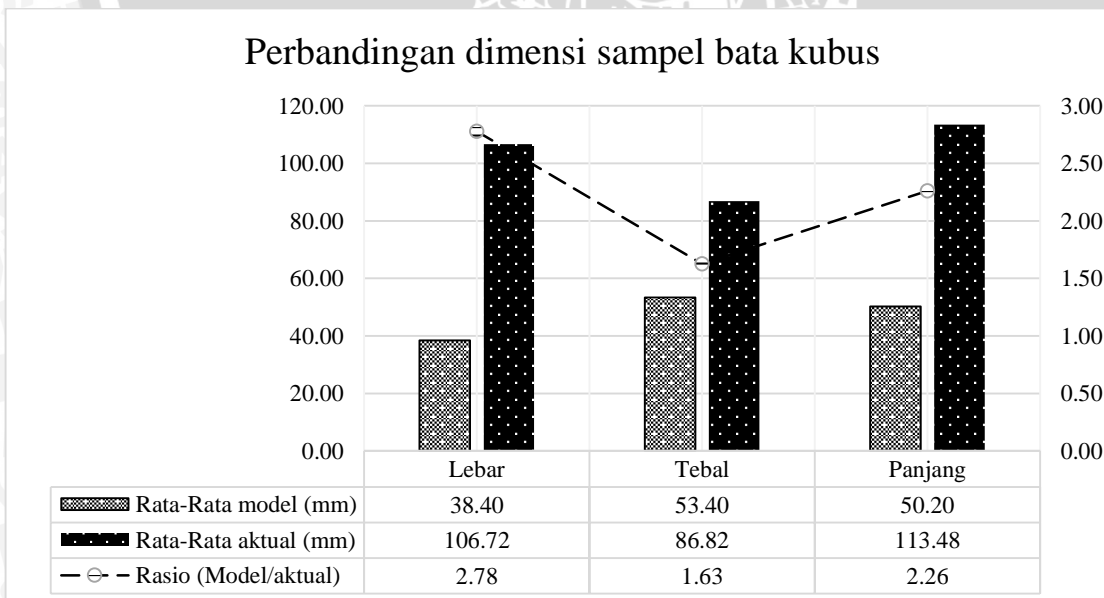


Gambar 4. 11. Konfigurasi Pembebanan pada Prisma Kubus Bata

Tabel 4.9. Hasil Uji Tekan Prisma Kubus Bata

	Kuat Tekan Bata Merah		Rasio Kuat Tekan Bata Merah Terskala terhadap Bata Merah Asli
	Terskala (Kg/cm ²)	Asli (Kg/cm ²)	
Rata-rata	43.58	15.03	2.90
Maksimum	56.25	19.31	2.91
Minimum	33.57	11.26	2.98
S-Dev	7.46	2.56	2.91
COV	0.01	0.04	1.00

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang jauh antara kuat tekan prisma bata kubus terskala dan prisma bata kubus asli. Namun, secara statistik hasil kuat tekan yang didapatkan masih dapat dikatakan seragam. Keseragaman tersebut ditunjukkan oleh *Coefficient of Varians* (COV) dari rasio kuat tekan bata merah terskala terhadap bata merah asli bernilai 1%.



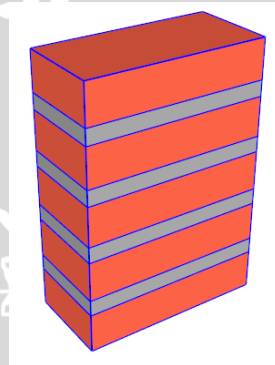
Grafik 4.3. Perbandingan dimensi sampel bata kubus

Grafik 4.3 menunjukkan nilai rasio dimensi dari sampel kubus yang diuji. Terlihat pada grafik tersebut sampel bata terkala memiliki proporsi dimensi tebal tertinggi. Akan

tetapi pada sampel bata aktual proporsi dimensi dari tebal memiliki nilai terendah. Hal yang demikian diduga membuat kuat tekan bata cenderung rendah sebab rasio tebal terhadap luas bidang kontak tidak seimbang.

4.2.6. Pengujian Kuat Tekan Prisma dengan Metode ASTM C-1314

Pengujian prisma ini dilakukan dengan membuat lima lapis tumpukan bata yang diikat dengan mortar. Sampel dibuat menggunakan bata terskala dan bata asli, jumlah sampel yang diambil sebanyak lima buah. Pengujian untuk lapisan prisma bata terskala menggunakan alat bantu diantaranya adalah *hydraulic jack* berkapasitas 150 kN, dan *load cell* berkapasitas 5 ton. Sedangkan untuk lapis prisma bata asli menggunakan alat *compression testing machine*. Sampel diilustrasikan pada Gambar 4.13



Gambar 4.12. Ilustrasi lapis prisma bata

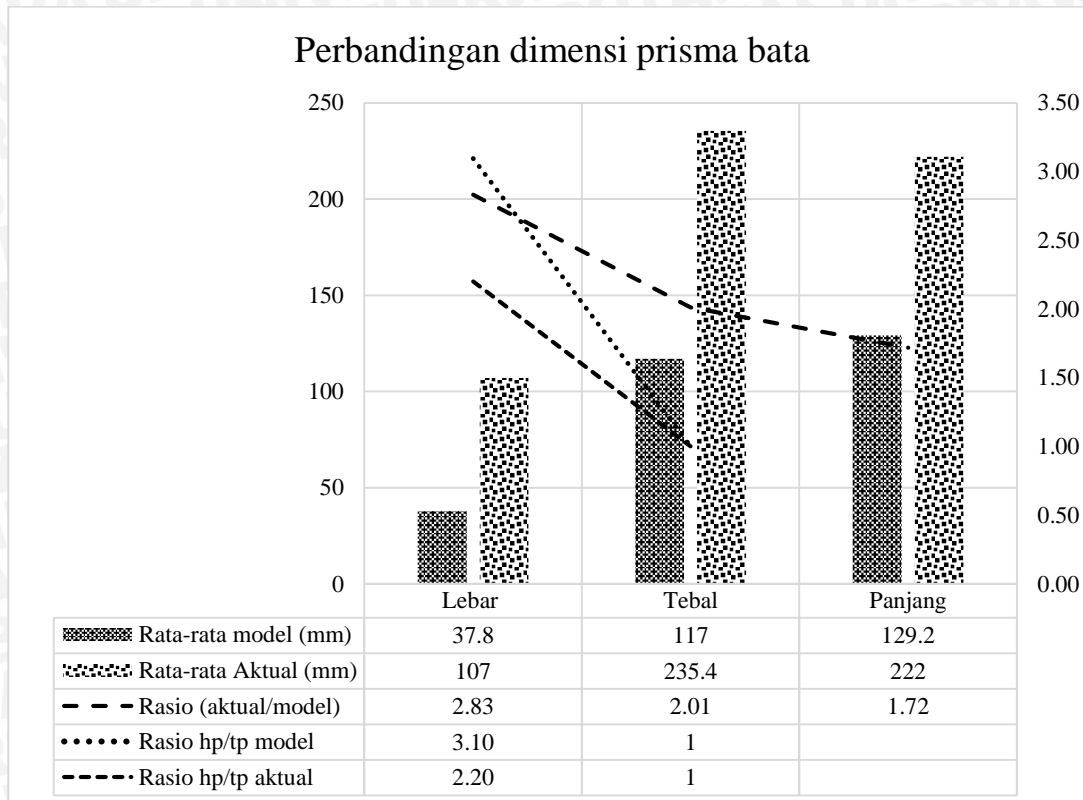
Pengujian tekan dilakukan dengan menekan prisma bata sampai mengalami keruntuhan. Deformasi pada saat pembebanan dibaca dengan bantuan *dial gauge*. Agar beban dapat terdistribusi dengan merata, maka digunakan balok kayu dan kardus pada bidang kontak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil uji tekan lapis prisma

	Kuat Tekan Bata Merah Terkoreksi		Rasio Kuat Tekan Bata Asli terhadap Bata Terskala	n
	Terskala (Kg/cm ²)	Asli (Kg/cm ²)		
Rata-rata	34.96	6.31	5.53	5
Maksimum	41.93	8.97	4.67	
Minimum	28.70	4.73	6.05	
S-Dev	5.26	1.65	3.17	
COV	0.15	0.26	0.57	

Dari data yang didapatkan prisma bata asli memiliki standar deviasi yang tinggi karena dari sejumlah lima sample, terdapat satu sample yang mendapat perlakuan berbeda dalam pengujian. Perlakuan tersebut adalah melakukan pembebanan menggunakan

hydraulic jack, sehingga penambahan beban dapat berlangsung lama dan nilainya sangat jauh berbeda jika menggunakan *compression machine test*.

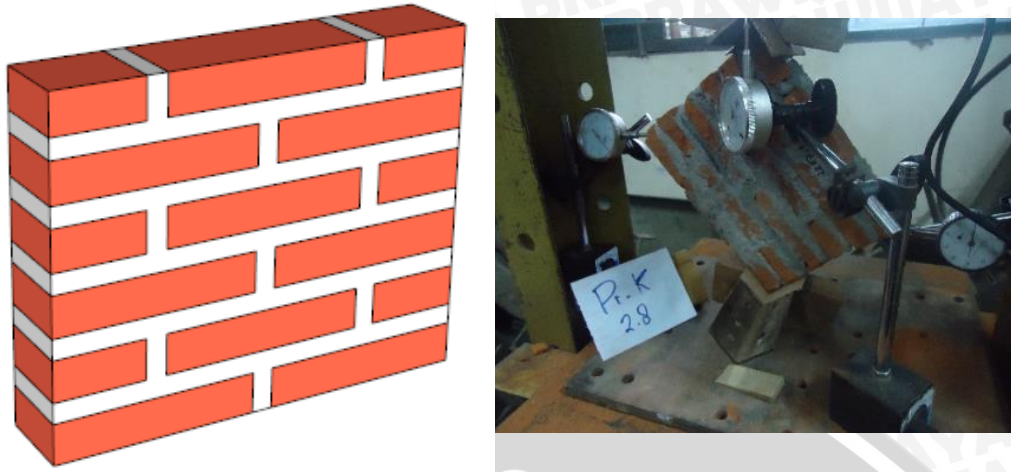


Grafik 4.4 Perbandingan dimensi prisma bata

Grafik 4.4 menunjukkan persyaratan h_p/t_p dari sampel prisma terskala maupun prisma aktual telah dipenuhi. Akan tetapi masih terdapat perbedaan proporsional pada dimensi panjang, pada sampel terskala proporsi panjang memiliki nilai tertinggi. Sedangkan pada sampel aktual proporsi tertinggi terletak pada tebal sampel.

4.2.7. Pengujian Kuat Geser Prima pada Dinding Terkekang berdasarkan Metode ASTM E519-02

Pada pengujian ini, diambil sampel terskala sebanyak 5 buah. Susunan prisma bata dibentuk persegi, dengan susunan yang telah ditentukan. Kemudian prisma bata diletakkan horizontal dan dibebani. Pembebanan dibantu menggunakan alat bantu diantaranya adalah *hydraulic jack* berkapasitas 150 kN, dan *load cell* berkapasitas 5 ton. Dial gauge ditempatkan untuk mengukur perpanjangan horizontal dan perpendekan vertikal. Bentuk prisma dan pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.14



Gambar 4.13. Bentuk dan seting pembebanan

Sebelum memulai pembebanan, sampel diatur agar beban pada sudut prisma benar-benar lurus terhadap sudut tumpu. Sehingga garis vektor beban dapat lurus melintasi sudut prisma. Untuk mendapatkan kelurusan vektor beban, pengukuran dibantu dengan unting-unting, dan menambah kayu yang telah diberi coakan pada tumpuan. Pada sudut prisma pasangan bata, sering dijumpai kondisi yang tidak siku atau cenderung tumpul, untuk mengatasi hal tersebut digunakan potongan kardus dan digunakan untuk menyelubungi sudut. Setelah vektor beban lurus, pembebanan pada prisma diagonal dapat dilakukan. Penempatan dial gauge adalah pada arah vertikal dan horizontal pada prisma pasangan bata. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Tabel hasil pengujian kuat geser pasangan dinding

	Kuat Geser Pasangan Dinding	n
Rata-rata (Kg/cm²)	309.44	
Maksimum (Kg/cm²)	501.97	
Minimum (Kg/cm²)	247.64	5
S-Dev (Kg/cm²)	97.09	
COV	0.32	

Dari Tabel 4.11 didapat nilai deviasi yang besar, nilai tersebut terjadi karena sebagian pasangan dinding mengalami keruntuhan pada tumpuan. Keruntuhan terjadi akibat adanya celah, dengan demikian ketika dibebani tegangan akan cenderung terkonsentrasi pada bata atau mortar yang menempel pada bidang kontak. Dengan luasan yang kecil bata atau mortar tersebut dipaksa menahan beban kerja, sehingga mengalami nilai keruntuhan yang terjadi belum optimal. Keruntuhan ini ditunjukkan pada Gambar 4.15



Gambar 4.14. Keruntuhan awal yang terjadi pada tumpuan

4.3. Kapasitas Runtuh pada Dinding Terkekang

Dengan adanya bukaan, kapasitas beban runtuh yang diakibatkan oleh adanya beban lateral tentunya akan cenderung mengalami penurunan. Selain itu, dengan adanya bukaan tentu akan menghasilkan pola kurva histeristik dengan pola tertentu. Dengan pola-pola berbeda pada tiap dinding juga cenderung menunjukkan pola keruntuhan berbeda.

4.3.1. Kajian Teoritis Kapasitas Beban Lateral pada Dinding Bata Terkekang

Pendekatan nilai kapasitas beban lateral pasangan dinding bata terkekang secara empirik dibantu dengan referensi yang telah ada belum menunjukkan hasil yang akurat. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Meli *et al* dan Wisnumurti *et al*, belum menunjukkan adanya pengaruh elemen bukaan. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12. Hasil perhitungan kuat geser secara empirik

Kode Sampel	Kuat Geser Dinding	
	(Meli <i>et al</i> , 2011) Kg	(Wisnumurti <i>et al</i> , 2013) Kg
V-A (Tanpa Bukaan)	8517.15	645.79
V-B (Bukaan Tengah)	8427.36	640.64
V-C (Bukaan Tepi)	8427.36	645.07

4.3.2. Hasil Eksperimen Laboratorium pada Kapasitas Runtuh Dinding Terkekang

Pengujian yang dilakukan dengan memberikan beban lateral sampai target drift mencapai 1 % (1,2 cm) menunjukkan adanya pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya bukaan. Kejadian dilapangan menunjukan nilai kapasitas beban runtuh yang bervariasi, nilai tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Hasil pengujian kapasitas geser dinding terkekang dengan variasi bukaan

Sampel	P saat drift 1 % (Kg)					
	Ke-kiri			Ke-kanan		
	1	2	3	1	2	3
A (Tanpa Bukaan)	667.00	-	427.00	-585.00	-	-680.00
B (Bukaan Tengah)	127.50	431.00	377.50	-142.00	-372.00	-432.00
C (Bukaan Tepi)	720.00	531.00	646.00	-370.00	-251.00	-483.00

Tabel 4.14 Rasio beban yang terjadi

	Rasio (ke-kanan/ke-kiri)			Rata-rata rasio
	1/1	2/2	3/3	
A (Tanpa Bukaan)	0.88	-	1.59	1.23
B (Bukaan Tengah)	1.11	0.86	1.14	1.04
C (Bukaan Tepi)	0.51	0.47	0.75	0.58

Rasio yang digunakan pada Tabel 4.14, berfungsi untuk memperjelas apakah kapasitas runtuh akibat beban lateral yang terjadi adalah sama ataupun cenderung lebih tinggi pada salah satu arah. Dari data pengujian, beberapa kondisi yang dapat diambil diantaranya adalah kita dapat mengetahui bahwa pada dinding terkekang tanpa bukaan (sampel-A) rata-rata rasio menunjukkan pola pembebanan ke arah kanan cenderung lebih besar sebab rata-rata rasio bernilai 1,23. Pada Tabel terlihat kapasitas runtuh pada dinding tanpa bukaan (A-2) tidak menunjukkan nilai kapasitas geser yang terjadi di kedua arah, sebab dinding tersebut digunakan pada pengujian monoton dan hasilnya tidak valid.

Kesalahan yang terjadi pada saat pengujian monoton pada dinding tanpa bukaan (A-2) diakibatkan besarnya interval nilai deformasi, dengan demikian retakan yang terjadi pertama kali tidak terlacak.

Pada dinding pasangan bata terkekang dengan letak bukaan ditengah (sampel kode-B) menunjukkan adanya keseimbangan antara kapasitas runtuh dinding ke arah kiri maupun kanan. Perilaku keseimbangan tersebut ditunjukkan oleh rata-rata rasio yang terjadi sebesar 1,04. Dengan letak bukaan yang berada ditengah diduga memberikan pengaruh pada keseimbangan kapasitas beban runtuh pada kedua arah (ke-kanan ataupun ke-kiri).

Sedangkan pada dinding pasangan bata terkekang dengan letak bukaan tepi (sampel kode-C) kapasitas runtuh dinding memiliki kecenderungan ke arah kiri lebih besar dari arah pembebanan ke kanan. Nilai rata-rata rasio yang terjadi adalah sebesar 0,58.

Nilai kapasitas beban runtuh dinding pada saat pembebanan ke arah kanan maupun ke kiri tidak menunjukkan hasil yang sama, walaupun pembebanan dilakukan pada dinding tanpa bukaan sekalipun. Hal tersebut dikarenakan akibat adanya perlemahan

berupa rongga pada bata merah, tidak sepenuhnya siar tegak, dll. Sehingga perlemahan tersebut akan terhubung menjadi sebuah pola retak.

4.3.3. Penurunan dan Peningkatan Kapasitas Runtuh pada Dinding Terkekang akibat Bukaannya

Akibat adanya bukaan, kapasitas runtuh dinding terkekang mengalami peningkatan dan penurunan. Peningkatan ataupun penurunan kapasitas runtuh dihitung dengan melihat prosentase selisih. Pada Tabel 4.15 menunjukkan prosentase selisih kapasitas runtuh dinding dengan bukaan tengah terhadap dinding tanpa bukaan.

Tabel 4.15 Selisih nilai kapasitas beban runtuh pada sampel A (Tanpa Bukaannya) dan B (Bukaan Tengah)

Sampel	P Lateral rata-rata (Kg)	
	Ke Kanan	Ke Kiri
A (Tanpa Bukaannya)	-632.50	547.00
B (Bukaan Tengah)	-315.33	312.00
B/A	Peningkatan/Penurunan (%)	
	Ke Kanan	Ke Kiri
	-51%	-43%

Akibat adanya bukaan yang terletak ditengah, kapasitas runtuh pasangan dinding terkekang mengalami penurunan sebesar 51 % ke arah kanan dan 43 % ke arah kiri.

Letak bukaan di tepi memberikan sifat asimetri pada geometri dinding pasangan bata terkekang. Perpindahan letak bukaan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kapasitas beban runtuh dinding. Perbedaan kapasitas runtuh dinding pasangan bata terkekang dengan letak bukaan tepi dibandingkan dengan dinding pasangan bata terkekang tanpa bukaan ditunjukkan pada Tabel 4.16

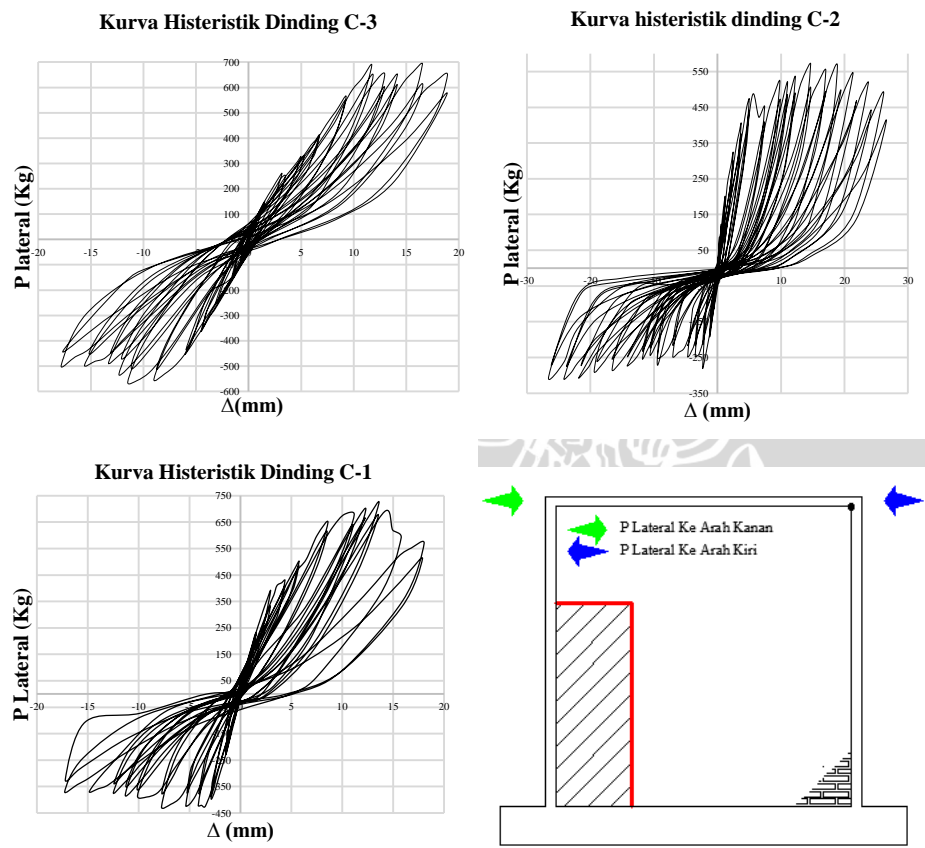
Tabel 4.16 Selisih nilai kapasitas beban runtuh pada sampel A (Tanpa Bukaannya) dan C (Bukaan Tepi)

Sampel	P rata-rata (Kg)	
	Ke Kanan	Ke Kiri
A (Tanpa Bukaannya)	-632.50	547.00
C (Bukaan Tepi)	-368.00	632.33
C/A	Peningkatan/Penurunan (%)	
	Ke Kanan	Ke Kiri
	-42%	+16%

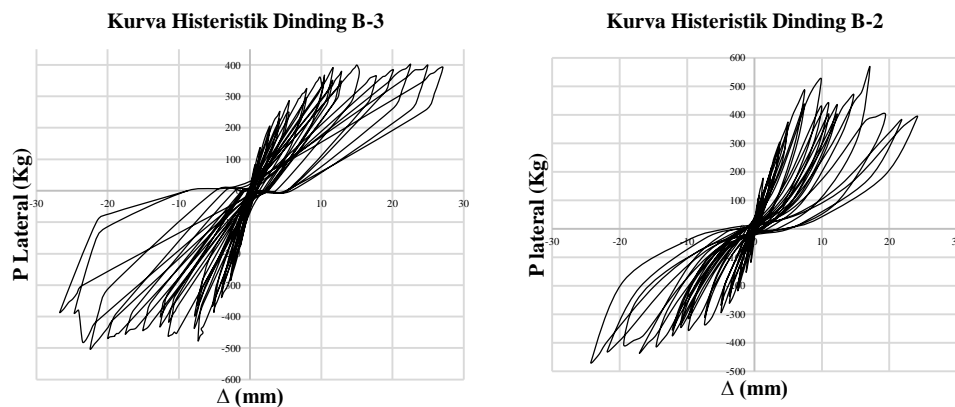
Tabel 4.16 menunjukkan dengan adanya bukaan kapasitas runtuh dinding peningkatan dari salah satu arah. Peningkatan yang paling signifikan terjadi pada pembebanan ke arah kiri sebesar 16 %, sedangkan ke arah kanan kapasitas runtuh dinding terkekang tetap mengalami penurunan sebesar 42 %.

4.4. Pola Kurva Histeristik Dinding Terkekang yang Terjadi Akibat Perbedaan Kapasitas Runtuh

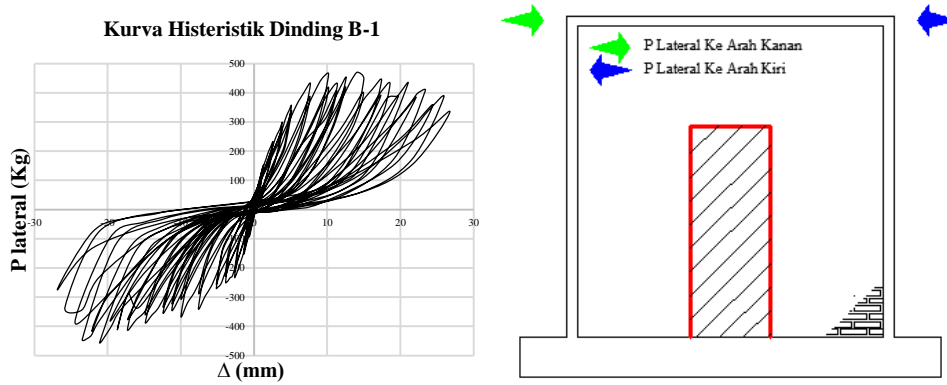
Pola histeristik yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh adanya bukaan. Dinding tanpa bukaan (Dinding A), dan dinding yang memiliki bukaan ditengah (Dinding B), masih menunjukkan adanya sifat simetris. Sedangkan adanya bukaan tepi (Dinding C) memberikan sifat asimetri yang juga menghasilkan pola kurva histeristik berbeda. Bentuk pola kurva histeristik pada tiap-tiap dinding ditunjukkan dalam Grafik 4.5; 4.6; dan 4.7



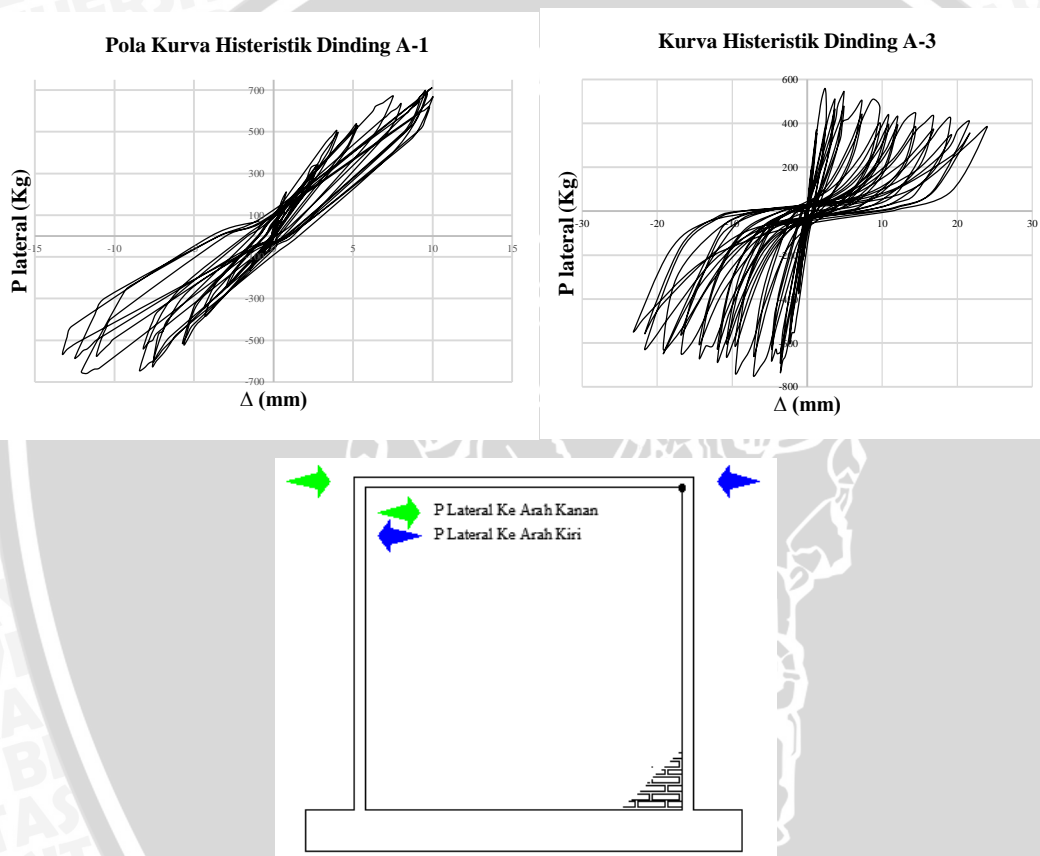
Grafik 4.5 Kurva histeristik dinding C



Grafik 4.6 Kurva histeristik dinding B



Graphik 4.6 Kurva histeristik dinding B



Graphik 4.7. Kurva histeristik dinding A

Kesimetrisan kurva didasarkan pada prosentase perbedaan nilai beban lateral yang terjadi pada kedua arah pembebanan.

Pada grafik 4.5 menunjukkan kurva histeristik pada dinding dengan bukaan tepi, kurva histeristik yang terjadi tidak menunjukkan sifat asimetri. Nilai keruntuhan rata-rata beban lateral ke arah kiri sebesar 368,00 Kg, sedangkan dari arah kanan sebesar 632,33 Kg. Perbedaan besar beban lateral yang terjadi pada dinding dengan bukaan tepi sebesar 71,83 %. Sedangkan pada grafik 4.6 merupakan dinding dengan bukaan tengah, dengan nilai keruntuhan rata-rata ke arah kiri sebesar 315,33 Kg, ke arah kanan sebesar

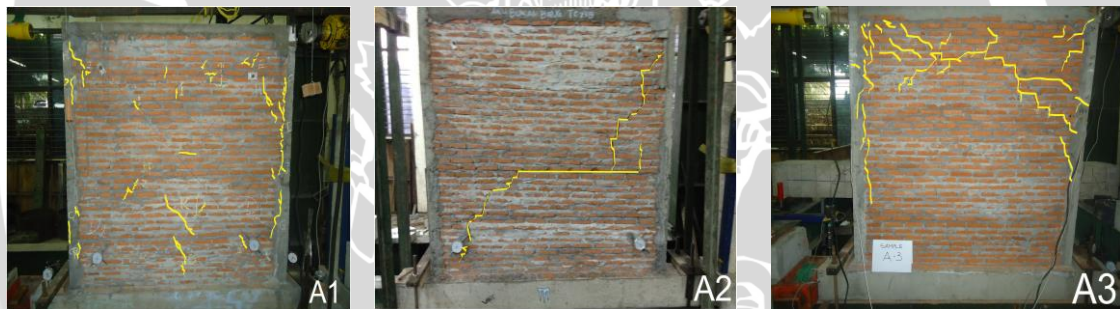
312,00 Kg. Dengan demikian prosentase perbedaan besar beban lateral sebesar 0.01%, sehingga pola kurva histeristik dinding dengan bukaan ditengah dapat dikatakan simetris.

Grafik 4.7 menunjukkan pola kurva histeristik pada dinding tanpa bukaan, pada kurva tersebut nilai kapasitas beban lateral rata-rata ke arah kiri sebesar 547,00 Kg, dan ke arah kanan sebesar 632,50 Kg. Dengan demikian prosentase selisih yang terjadi sebesar 15,64 % dan menunjukkan ketidak simetrisan kurva. Hal tersebut terjadi karena terjadi perlemahan pada salah satu sisi.

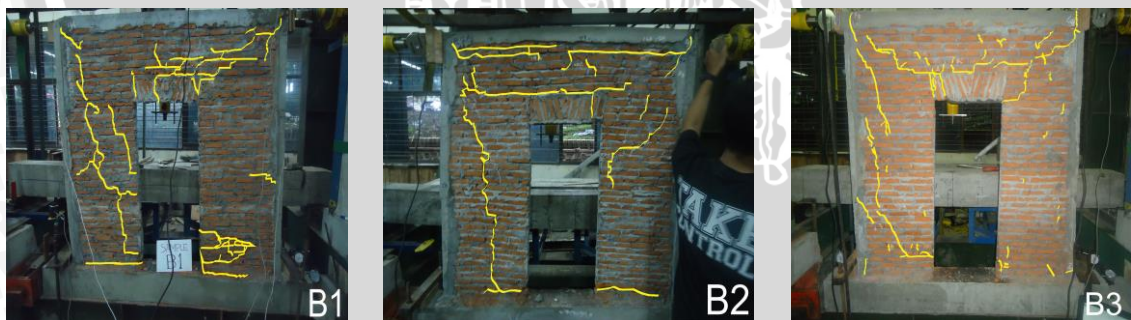
4.5. Pembagian Luasan Dinding Berdasarkan Pola Retak

Selain itu adanya bukaan dapat membagi luasan dinding menjadi beberapa luasan, pembagian luasan dapat dilihat dari arah retakan yang timbul akibat beban lateral siklik Gambar 4.19. Dengan adanya pembagian luasan, dapat dibuat potongan penampang sehingga didapatkan bidang geser.

Pola retak yang terjadi pada dinding tanpa bukaan ditunjukkan pada Gambar 4.16, dinding bukaan tengah Gambar 4.17, dan dinding bukaan tepi pada Gambar 4.18



Gambar 4.15. Pola retak pada dinding A (Tanpa Bukaan)



Gambar 4.16 Pola retakan pada dinding B (Bukaan Tengah)

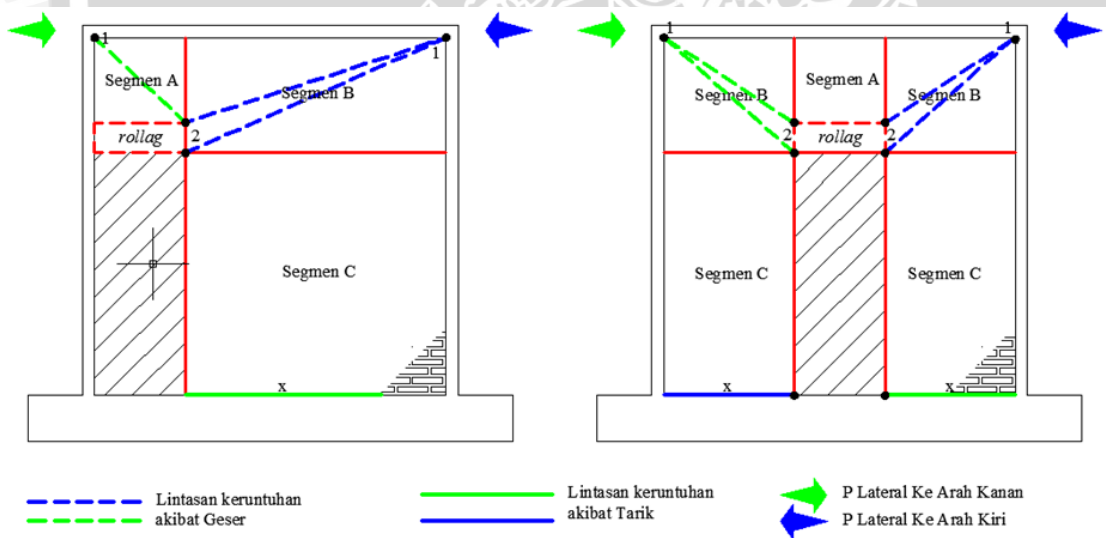


Gambar 4.17 Gambar pola retak pada dinding C (Bukaan Tepi)

Gaya lateral yang digunakan untuk mencapai *drift* 1 % ditahan oleh seluruh elemen dinding. Elemen pada dinding yang bersifat komposit tidak seluruhnya dapat mendistribusikan dan memberikan perlawanan terhadap gaya luar. Untuk mencapai *drift* 1 %, gaya merambat dengan melalui lintasan terlemah yang akhirnya membentuk pola retakan.

Retakan yang terjadi pada dinding dengan bukaan tengah (Dinding B) maupun dinding dengan bukaan tepi (Dinding C), membentuk mekanisme yang sama. Beban lateral akan menyebabkan keruntuhan geser pada segmen A dan B dengan pola retak diagonal mengarah pada sisi bebas dari bukaan. Kemudian, disaat yang bersamaan muncul keruntuhan tarik yang berada pada segmen B, dimulai dari sisi bebas bukaan dengan kekuatan terlemah. Keruntuhan tarik terbentuk dengan membentuk pola horizontal yang terus berjalan sampai *drift* yang ditargetkan tercapai.

Pada dinding dengan bukaan tengah (Dinding B) maupun bukaan tepi (Dinding C), pembebanan ke arah kanan maupun kiri menimbulkan garis retakan yang sama. Garis retakan diawali dari arah titik pembebanan (titik 1) menuju sudut bukaan (titik 2) diikuti keruntuhan tarik (lintasan x).



Gambar 4.18 Pembagian segmen luas pada dinding yang mengacu pada garis retakan

Sedangkan garis retakan akibat keruntuhan geser pada dinding tanpa bukaan dapat terlihat pada Gambar 4.16 dengan kode sampel A1 dengan garis retakan membentuk arah diagonal. Sedangkan pada dinding dengan kode A2 garis retakan belum terlihat secara sempurna sebab pada dinding tersebut telah terjadi pemisahan antara kolom, dengan demikian efek pengekanan berkurang. Pada sampel dinding A3 telah menunjukkan garis retakan yang diakibatkan oleh kegagalan geser dengan arah retakan diagonal pada salah satu sisi.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

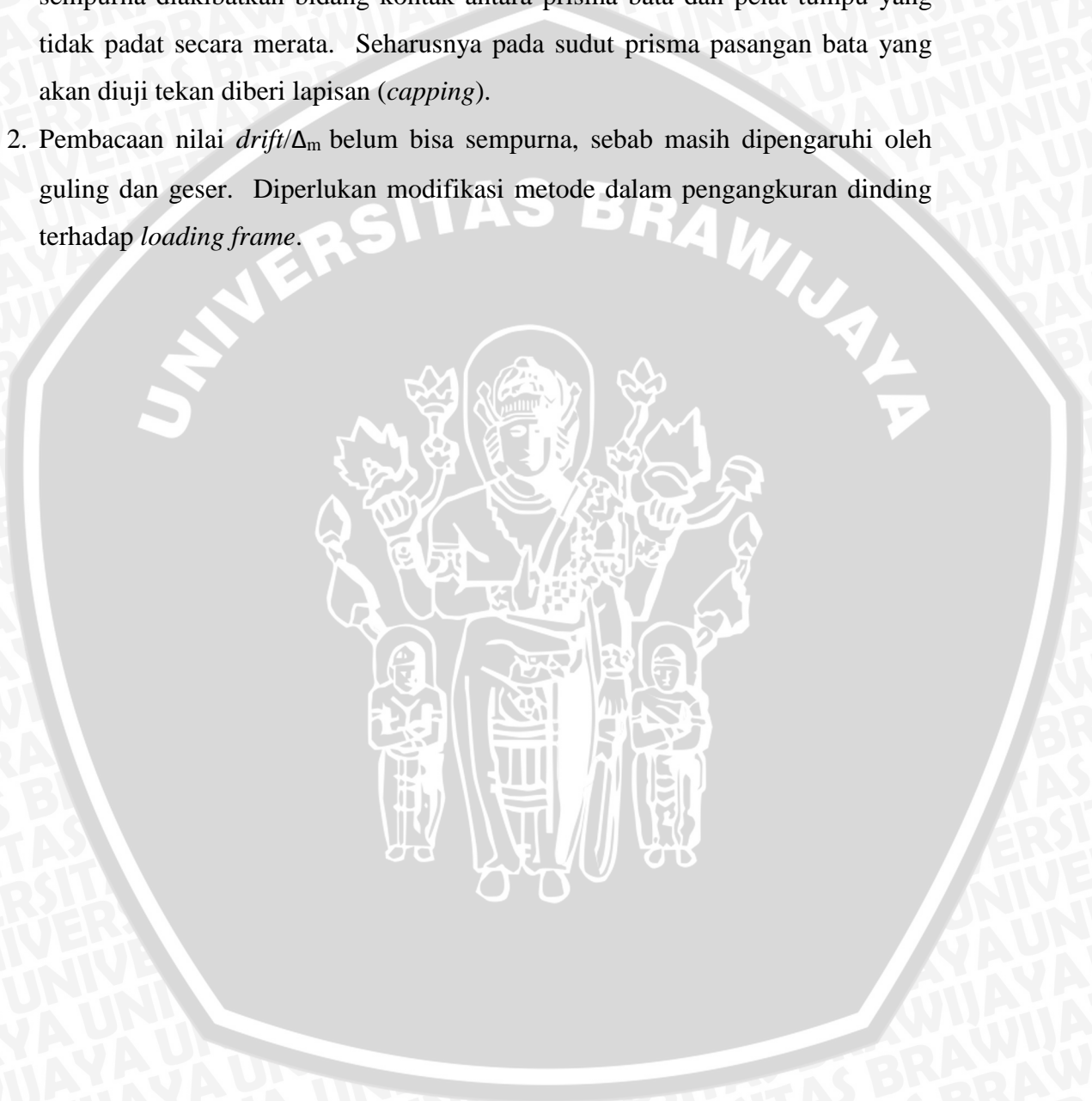
Dari hasil analisa dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan mengenai kapasitas keruntuhan yang terjadi pada dinding bata terkekang dengan adanya pengaruh letak bukaan. Poin-poin pada kesimpulan penelitian ini antara lain adalah:

1. Jika dibandingkan dengan dinding tanpa bukaan (Dinding A), adanya bukaan pada dinding B, dan C mengakibatkan penurunan kapasitas beban runtuh. Untuk dinding dengan bukaan ditengah (Dinding B) penurunan sebesar 51 % pada saat beban lateral bekerja ke arah kanan, sedangkan penurunan sebesar 43 % saat beban lateral bekerja ke arah kiri. Kondisi khusus terjadi pada dinding dengan bukaan tepi (Dinding C), penurunan hanya terjadi pada salah satu arah. Penurunan kapasitas sebesar 42 % dengan beban lateral bekerja ke arah kanan, sedangkan ke arah kiri mengalami peningkatan sebesar 16 %.
2. Kapasitas runtuh dinding tanpa bukaan (Dinding A) memiliki nilai tertinggi dengan rata-rata sebesar 632,50 Kg untuk arah kanan; dan 547,00 Kg untuk arah ke kiri. Kapasitas runtuh rata-rata akibat beban lateral dinding dengan bukaan tepi (Dinding C) ke arah kanan sebesar 368,00 Kg sedangkan ke arah kiri sebesar 632,33 Kg. Kapasitas runtuh akibat beban lateral terendah terjadi pada dinding dengan bukaan tengah (Dinding B) dengan nilai rata-rata sebesar 315,00 Kg untuk arah kanan dan 312,00 Kg untuk ke arah kiri.
3. Retakan yang terjadi pada dinding menunjukkan mekanisme yang sama. Mekanisme retakan pada dinding B (Bukaan Tengah) dan C (Bukaan Tepi) terjadi karena keruntuhan geser yang membentuk lintasan retak diagonal pada saat bersamaan terjadi keruntuhan tarik dengan membentuk lintasan horizontal yang muncul dari sisi bebas bukaan. Sedangkan pada dinding A (Tanpa Bukaan), mekanisme retakan yang terjadi juga diakibatkan oleh keruntuhan geser, akan tetapi tidak terjadi keruntuhan tarik. Keruntuhan tarik hanya terjadi pada dinding yang memiliki bukaan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tidak menutup kemungkinan terjadi kesalahan baik dari pengujian maupun pengambilan data. Untuk itu beberapa saran dibuat untuk penyempurnaan, diantaranya:

1. Pada saat pengujian geser prisma pasangan bata, terjadi keruntuhan yang belum sempurna diakibatkan bidang kontak antara prisma bata dan pelat tumpu yang tidak padat secara merata. Seharusnya pada sudut prisma pasangan bata yang akan diuji tekan diberi lapisan (*capping*).
2. Pembacaan nilai *drift*/ Δ_m belum bisa sempurna, sebab masih dipengaruhi oleh guling dan geser. Diperlukan modifikasi metode dalam pengangkutan dinding terhadap *loading frame*.



DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 1314. 2001. *Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM E 2616. 2005. *Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Walls for Buildings*. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM E-519. 2002. *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*. West Conshohocken: ASTM International.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding Tahun 2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Tahun 2002*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Semen Portland Tahun 2004*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Plesteran untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan Tahun 2008*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN)
- Brzev, Svetlana.2007. *Eartquake Ressistant Confined Massonry Construction*.India: Indian Institute of Technology Kanpur.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Tahun 2002*. Bandung: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- EERI. 2001. *Preliminary Reports and Annotated Images from the El Salvador Earthquakes of January 13 and February 13, 2001*. Photos by Manuel Alfredo Lopez Menjivar, a CD-Rom publication. California: Earthquake Engineering Research Institute.
- FEMA 356. 2000. *Prestandart and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington DC: The Federal Emergency Management Agency.
- Harris, H. G. & Sabnis, G. M. 1999. *Structural Modeling and Experimental Techniques* Second Edition. Florida: CRC Press LLC

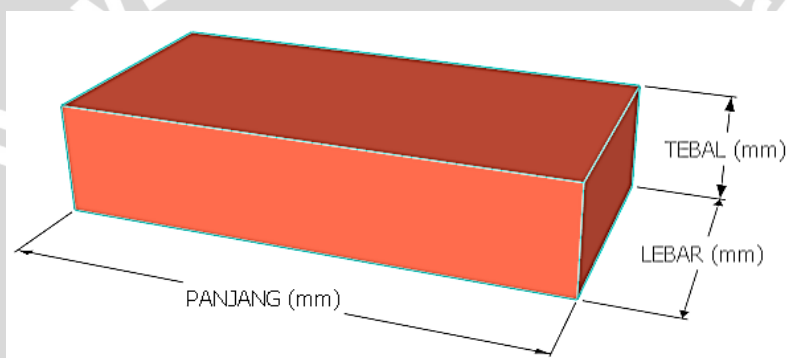
- Majeed, Sura A. 2011. *Effect of Speciment Size in Compressive, Modulus Rupture and Splitting Strength of Cement Mortar*. Iraq: Mosul University.
- Meli, R., Brzev, S., Astroza, M., Boen, T., Crisafulli, F., Dai, J., Farsi, M., Hart, T., Mebarki, A., Moghadam, A.S., Quiun, D., Tomazevic, M. & Yamin, L. 2011. *Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings*. California: Earthquake Engineering Research Institute.
- Pfeifer, Gunter, Rolf Ramcke, Joachim Achtziger. 2001. *Masonry Construction Manual*. Germany: Institut fur internationale Architektur.
- Priyanto, Eddy. 2012. Strategi Desain Fasad Rumah Tinggal Hemat Energi. *Jurnal Riptek*. Vol. 6: 54-56.
- Turang, R. B. E., Martin D. J Sumajow, Reky S. Windah. 2014. Analisa Portal Dengan Dinding Tembok Pada Rumah Tinggal Sederhana Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2: hal 310-312
- Wisnumurti. 2012. Struktur Dinding Pasangan Bata Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa. *Disertasi*. Tidak Dipublikasikan. Malang. Universitas Brawijaya



LAMPIRAN

Lampiran 1 - Rata-rata potongan penampang/crosssectional area pada dinding

Dinding	Tinggi Dinding (cm)	B/H kolom 1 (cm)	B/H kolom 2 (cm)	Lebar Dinding (cm)	B/H Balok Ring (cm)	B/H Bukaannya (cm)	L sloof (cm)
A	121.33	4.88	4.90	125.42	4.32	-	160.00
B	120.00	4.73	5.02	124.42	4.58	40.00	159.67
C	120.00	4.67	4.88	125.28	4.55	38.80	159.83



a) Pengukuran Bata Merah Terskala

Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (gr)	Berat Isi (gr/cm ³)
1	22.77	11.10	3.94	1375.2	1.381
2	22.08	10.72	3.99	1478.2	1.565
3	22.26	10.93	4.06	1539.8	1.559
4	22.20	10.64	3.70	1318.6	1.509
5	22.13	10.73	3.79	1346.4	1.496
6	22.20	10.78	4.49	1292.6	1.203
7	22.09	10.74	3.77	1388.8	1.553
8	22.15	10.81	3.95	1244.8	1.316
9	22.08	10.69	3.82	1362.0	1.511
10	21.92	10.74	3.95	1398.2	1.504
11	22.29	10.62	3.77	1343.2	1.505
12	22.50	11.10	4.16	1435.8	1.382
13	22.18	10.88	3.91	1240.4	1.315
14	22.82	11.01	4.31	1635.4	1.510
15	22.13	10.83	4.07	1218.6	1.249

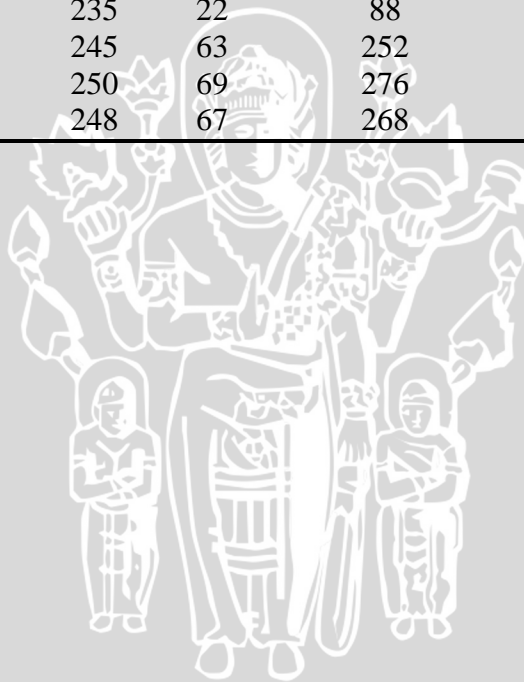
b) Pengukuran Bata Merah Asli

Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Berat (gr)	Berat Isi (gr/cm ³)
1	10.92	3.74	2.16	100.60	1.140
2	10.76	3.67	2.18	99.80	1.159
3	10.92	3.70	2.07	100.40	1.200
4	10.96	3.93	2.12	120.60	1.321
5	10.89	3.80	2.11	100.20	1.148
6	10.77	3.62	2.16	96.40	1.145
7	10.80	3.60	2.13	95.20	1.150
8	10.78	3.56	2.20	93.20	1.104
9	10.84	3.66	2.20	99.20	1.137
10	10.95	3.78	2.10	112.80	1.298
11	10.83	3.99	2.00	117.60	1.361
12	11.08	4.00	2.13	120.00	1.271
13	10.71	3.75	2.16	101.70	1.172
14	10.96	4.14	2.18	121.5	1.228
15	10.72	3.73	2.08	97.6	1.173



Lampiran 2 - Pengujian Kuat Tekan (Kolom) sebagai Pengekang

Sample	Umur	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Bacaan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	K rata- rata (Kg/cm ²)
	(hari)			Dial (kN)	Karakteristik (K) (Kg/cm ²)	Karakteristik umur 28 Hari (Kg/cm ²)	
Kolom A2	47	25	252	32	128	120.15	116.40
	47	25	248	29	116	108.89	
	47	25	260	32	128	120.15	
Kolom B2	38	25	263	27	108	104.52	107.10
	38	25	256	25	100	96.77	
	38	25	259	31	124	120.00	
Kolom B3	35	25	261	58	232	226.76	195.48
	35	25	256	48	192	187.66	
	35	25	268	44	176	172.03	
Kolom C2	31	25	243	21	84	83.19	92.43
	31	25	243	27	108	106.95	
	31	25	235	22	88	87.15	
Kolom C3	29	25	245	63	252	251.19	264.48
	29	25	250	69	276	275.11	
	29	25	248	67	268	267.14	



Lampiran 3 - Pengujian Kuat Tekan (Balok Sloof) sebagai Pengekang

KET.	Umur (hari)	Berat (Kg)	Bacaan Dial (Kg)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Terkoreksi (Kg/cm ²)
<i>Sloof A1</i>	52	1.71	12800	28.96	26.88
<i>Sloof A2</i>	52	1.92	11500	26.02	24.15
<i>Sloof B1</i>	49	1.67	12100	27.38	25.64
<i>Sloof C1</i>	38	1.72	8800	19.91	19.29
<i>Sloof C3</i>	38	1.64	7900	17.87	17.32

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



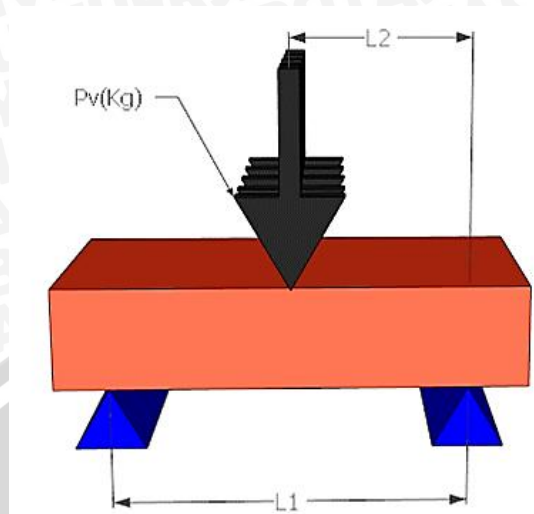
Lampiran 4 - Pengujian Kuat Tekan Mortar pada Dinding Terkekang

Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Isi (gr/cm ³)	Beban (Kg)
1	2.14	2.16	2.23	20.40	1.99	591.00
2	2.20	2.07	2.10	19.70	2.06	793.00
3	2.23	2.23	2.25	22.80	2.04	843.00
4	1.70	1.51	1.59	8.50	2.09	768.00
5	1.53	1.42	1.55	7.20	2.14	502.00
6	1.49	1.57	1.69	8.10	2.05	598.00
7	1.60	1.60	1.81	9.40	2.04	406.00
8	1.49	1.60	1.58	7.90	2.10	681.00
9	1.37	1.59	1.60	7.60	2.18	572.00

Sampel	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Terkoreksi (Kg/cm ²)
1	123.99	59.43
2	172.05	82.46
3	168.20	80.62
4	284.97	127.80
5	212.71	95.39
6	237.13	106.34
7	140.61	63.06
8	289.24	129.72
9	260.47	116.81

Lampiran 5 - Pengujian Tarik pada Bata Merah

a) Statistik Pengujian Tarik Bata secara Empirik



Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	L1 (cm)	L2 (cm)	Berat (gr)	Beban (Kg)
1	10.83	3.99	2	9	4.6	117.6	8.5
2	11.08	4	2.13	9	4.6	120	7
3	10.71	3.75	2.16	9	4.5	101.7	4.5
4	10.96	4.14	2.18	9	4.4	121.5	7.5
5	10.72	3.73	2.08	9	4.7	97.6	4

Sampel	Mmaks (Kg/cm)	Inersia (cm ⁴)	σ_{tarik} (Kg/cm ²)
1	19.13	2.66	7.19
2	15.75	3.23	5.21
3	10.13	3.15	3.48
4	16.88	3.58	5.15
5	9	2.80	3.35

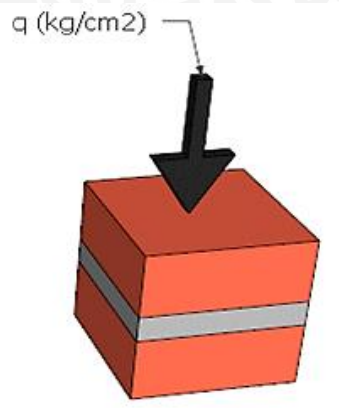
Lampiran 6 - Pengujian Tekan Tegak Lurus Sumbu Kuat pada Bata Merah

	Kuat Tekan Bata Merah	
	Terskala (kg/cm ²)	Asli (kg/cm ²)
Mean	6.33	7.44
Maximum	11.96	10.26
Minimum	0.70	5.70
S-Dev	3.53	1.86
COV	0.5584	0.2505

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 7 - Pengujian Kuat Tekan Prisma Kubus Bata Merah (SNI 15-2094-2000)

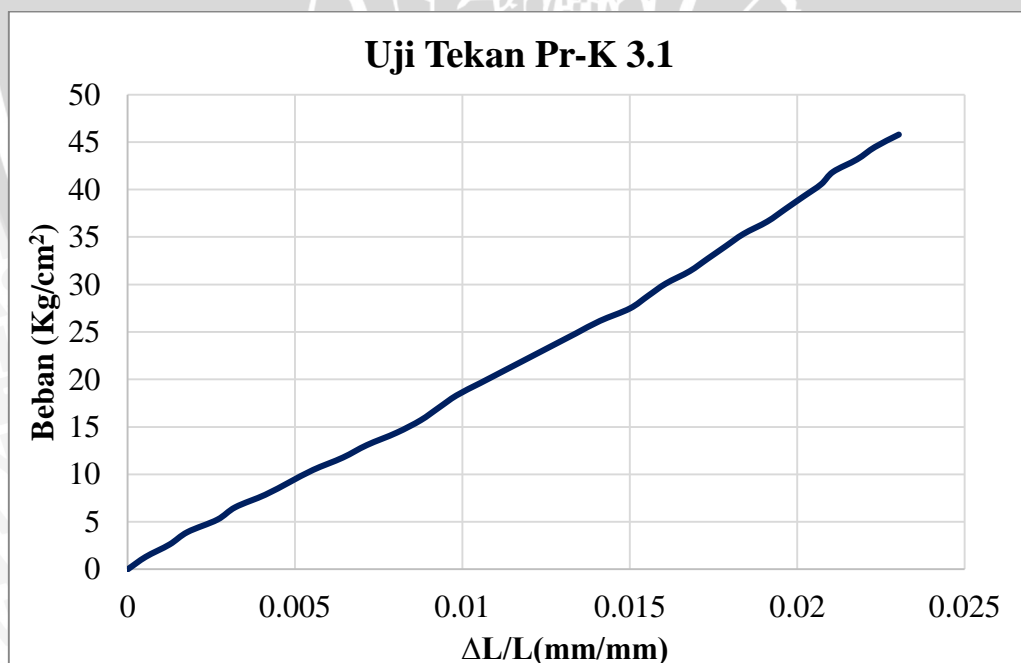


a) Sampel K-3.1

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
39	56	49	Pr-K3.1

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
0.00	0	0		0.00000
1.31	3	0.03		0.00054
2.62	7	0.07		0.00125
3.92	10	0.1		0.00179
5.23	15	0.15		0.00268
6.54	18	0.18		0.00321
7.85	23	0.23		0.00411
9.16	27	0.27		0.00482
10.47	31	0.31		0.00554
11.77	36	0.36		0.00643
13.08	40	0.4		0.00714
14.39	45	0.45		0.00804
15.70	49	0.49	LOAD CONTROL	0.00875
17.01	52	0.52		0.00929
18.32	55	0.55		0.00982
19.62	59	0.59		0.01054
20.93	63	0.63		0.01125
22.24	67	0.67		0.01196
23.55	71	0.71		0.01268
24.86	75	0.75		0.01339
26.16	79	0.79		0.01411
27.47	84	0.84		0.01500
28.78	87	0.87		0.01554
30.09	90	0.9		0.01607
31.40	94	0.94		0.01679

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
32.71	97	0.97		0.01732
34.01	100	1		0.01786
35.32	103	1.03		0.01839
36.63	107	1.07		0.01911
37.94	110	1.1		0.01964
39.25	113	1.13		0.02018
40.55	116	1.16		0.02071
41.86	118	1.18		0.02107
43.17	122	1.22		0.02179
44.48	125	1.25		0.02232
45.79	129	1.29		0.02304
47.10	133	1.33		
48.40	139	1.39		
49.71	147	1.47		
51.02	155	1.55		
52.33	160	1.6		
53.64	166	1.66	DISPLACEMENT CONTROL	
54.95	174	1.74		
56.25	182	1.82		
43.54	210	3.4		
2.41	330	4.6		

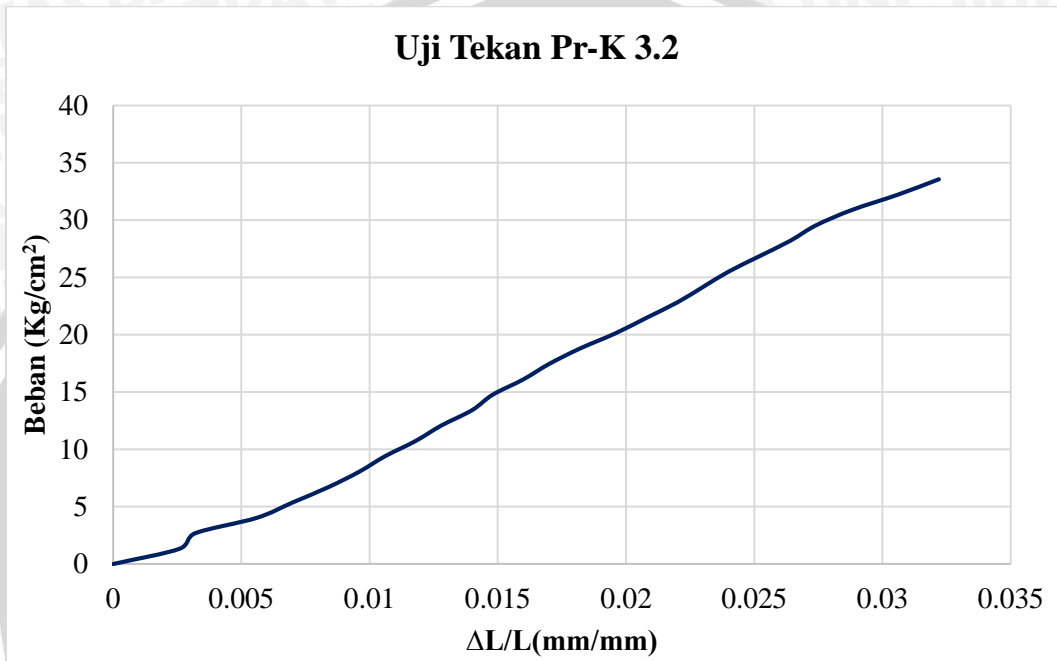


b) Sampel K-3.2

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
38	50	49	Pr-K3.2

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	Δ/L %
0.00	0	0		0.00000
1.34	13	0.13		0.00260
2.69	16	0.16		0.00320
4.03	28	0.28		0.00560
5.37	35	0.35		0.00700
6.71	42	0.42		0.00840
8.06	48	0.48		0.00960
9.40	53	0.53		0.01060
10.74	59	0.59		0.01180
12.08	64	0.64		0.01280
13.43	70	0.7		0.01400
14.77	74	0.74		0.01480
16.11	80	0.8	LOAD	0.01600
17.45	85	0.85	CONTROL	0.01700
18.80	91	0.91		0.01820
20.14	98	0.98		0.01960
21.48	104	1.04		0.02080
22.82	110	1.1		0.02200
24.17	115	1.15		0.02300
25.51	120	1.2		0.02400
26.85	126	1.26		0.02520
28.20	132	1.32		0.02640
29.54	137	1.37		0.02740
30.88	144	1.44		0.02880
32.22	153	1.53		0.03060
33.57	161	1.61		0.03220
29.11	173	1.73		
29.75	188	1.88		
16.65	268	2.68		
17.19	328	3.28		
16.43	348	3.48	DISPLACEMENT	
16.33	368	3.68	CONTROL	
16.76	388	3.88		
17.94	408	4.08		
18.80	428	4.28		

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
18.58	468	4.68	DISPLACEMENT CONTROL	
18.90	488	4.88		
19.12	508	5.08		
19.33	528	5.28		
19.66	548	5.48		
20.09	568	5.68		



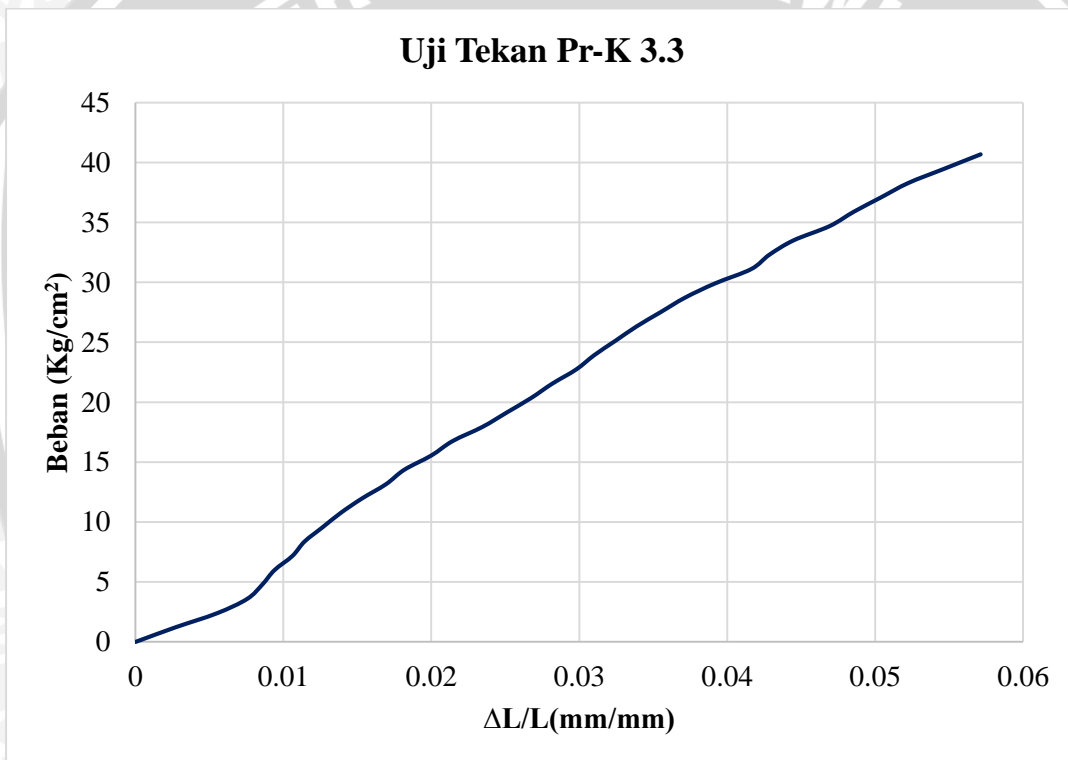
c) Sampel K-3.3

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
38	49	55	Pr-K3.3

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
25.00	13	0.13		0.00265
50.00	27	0.27		0.00551
75.00	37	0.37		0.00755
100.00	42	0.42		0.00857
125.00	46	0.46		0.00939
150.00	52	0.52		0.01061
175.00	56	0.56		0.01143
200.00	62	0.62		0.01265
225.00	68	0.68		0.01388
250.00	75	0.75		0.01531
275.00	83	0.83		0.01694
300.00	89	0.89		0.01816
325.00	98	0.98		0.02000
350.00	105	1.05		0.02143
375.00	115	1.15		0.02347
400.00	123	1.23		0.02510
425.00	131	1.31		0.02673
450.00	138	1.38		0.02816
475.00	146	1.46		0.02980
500.00	152	1.52		0.03102
525.00	159	1.59		0.03245
550.00	166	1.66		0.03388
575.00	174	1.74		0.03551
600.00	182	1.82		0.03714
625.00	192	1.92		0.03918
650.00	204	2.04		0.04163
675.00	210	2.1		0.04286
700.00	218	2.18		0.04449
725.00	230	2.3		0.04694
750.00	238	2.38		0.04857
775.00	247	2.47		0.05041
800.00	256	2.56		0.05224
825.00	268	2.68		0.05469
850.00	280	2.8		0.05714

LOAD
CONTROL

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
757.00	308	3.08		
789.00	328	3.28		
775.00	348	3.48		
761.00	368	3.68		
741.00	388	3.88		
695.00	408	4.08	DISSPLACEMENT	
673.00	428	4.28	CONTROL	
625.00	448	4.48		
541.00	468	4.68		
437.00	488	4.88		
375.00	508	5.08		
47.00	728	7.28		

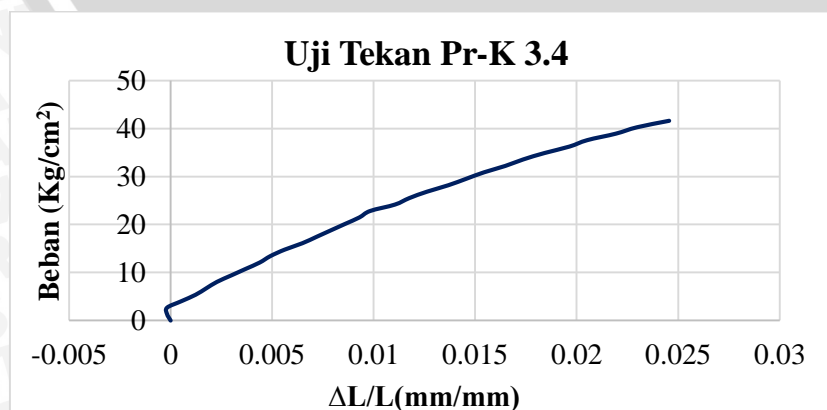


d) Sampel K-3.4

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
38	57	49	Pr-K3.4

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
1.34	-1	-0.01		-0.00018
2.69	-1	-0.01		-0.00018
4.03	3	0.03		0.00053
5.37	7	0.07		0.00123
6.71	10	0.1		0.00175
8.06	13	0.13		0.00228
9.40	17	0.17		0.00298
10.74	21	0.21		0.00368
12.08	25	0.25		0.00439
13.43	28	0.28		0.00491
14.77	32	0.32		0.00561
16.11	37	0.37		0.00649
17.45	41	0.41		0.00719
18.80	45	0.45		0.00789
20.14	49	0.49	LOAD	0.00860
21.48	53	0.53	CONTROL	0.00930
22.82	56	0.56		0.00982
24.17	63	0.63		0.01105
25.51	67	0.67		0.01175
26.85	72	0.72		0.01263
28.20	78	0.78		0.01368
29.54	83	0.83		0.01456
30.88	88	0.88		0.01544
32.22	94	0.94		0.01649
33.57	99	0.99		0.01737
34.91	105	1.05		0.01842
36.25	112	1.12		0.01965
37.59	117	1.17		0.02053
38.94	125	1.25		0.02193
40.28	131	1.31		0.02298
41.62	140	1.4		0.02456
39.58	155	1.55		

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
37.65	195	1.95		
32.06	215	2.15		
30.45	235	2.35		
29.91	255	2.55		
28.73	275	2.75		
26.91	295	2.95		
26.69	315	3.15		
26.69	335	3.35		
26.26	355	3.55		
26.26	375	3.75		
25.94	395	3.95		
25.30	415	4.15		
25.19	435	4.35		
25.40	455	4.55		
26.58	475	4.75		
27.55	495	4.95		
27.87	515	5.15	DISPLACEMENT CONTROL	
27.77	535	5.35		
28.84	555	5.55		
28.95	575	5.75		
29.05	595	5.95		
22.18	615	6.15		
23.68	635	6.35		
23.25	655	6.55		
23.90	675	6.75		
24.54	695	6.95		
19.82	715	7.15		
20.14	735	7.35		
21.32	755	7.55		
22.40	775	7.75		
17.51	795	7.95		
12.73	1225	12.25		
39.47	175	1.75		

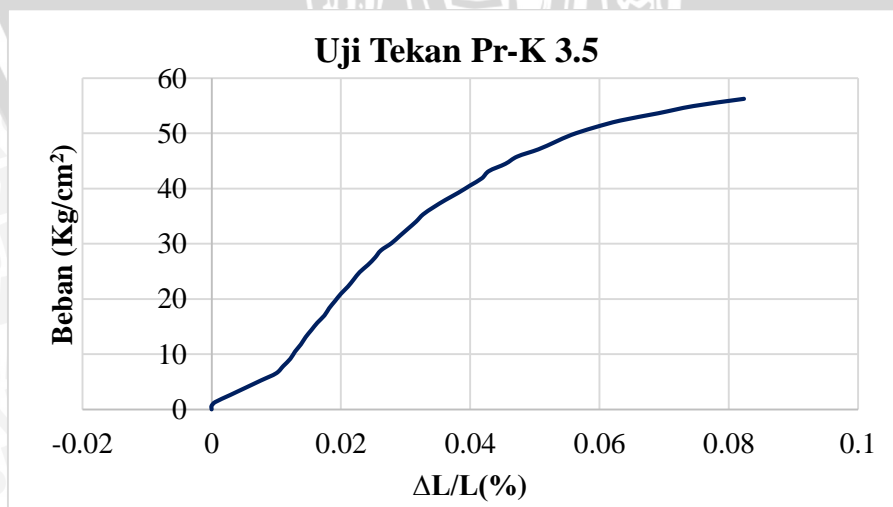


e) Sampel K-3.5

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
39	55	49	Pr-K3.5

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	Δ/L %
0.00	0	0		0.00000
0.63	0	0		0.00000
1.31	3	0.03		0.00055
2.62	16	0.16		0.00291
3.92	29	0.29		0.00527
5.23	42	0.42		0.00764
6.54	55	0.55		0.01000
7.85	61	0.61		0.01109
9.16	67	0.67		0.01218
10.47	71	0.71		0.01291
11.77	76	0.76		0.01382
13.08	80	0.8		0.01455
14.39	85	0.85		0.01545
15.70	90	0.9		0.01636
17.01	96	0.96		0.01745
18.32	100	1		0.01818
19.62	105	1.05		0.01909
20.93	110	1.1		0.02000
22.24	116	1.16	LOAD CONTROL	0.02109
23.55	121	1.21		0.02200
24.86	126	1.26		0.02291
26.16	133	1.33		0.02418
27.47	139	1.39		0.02527
28.78	144	1.44		0.02618
30.09	153	1.53		0.02782
31.40	160	1.6		0.02909
32.71	167	1.67		0.03036
34.01	174	1.74		0.03164
35.32	180	1.8		0.03273
36.63	189	1.89		0.03436
37.94	199	1.99		0.03618
39.25	210	2.1		0.03818
40.55	220	2.2		0.04000
41.86	230	2.3		0.04182
43.17	236	2.36		0.04291
44.48	250	2.5		0.04545
45.79	260	2.6		0.04727

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
47.10	278	2.78		0.05055
48.40	292	2.92		0.05309
49.71	306	3.06		0.05564
51.02	325	3.25	LOAD	0.05909
52.33	348	3.48	CONTROL	0.06327
53.64	380	3.8		0.06909
54.95	410	4.1		0.07455
56.25	453	4.53		0.08236
51.91	560	5.6		
49.92	600	6		
48.77	620	6.2		
46.36	640	6.4		
45.32	660	6.6		
43.12	680	6.8		
39.46	700	7		
37.78	720	7.2		
37.15	740	7.4		
35.69	760	7.6	DISSPLAC	
26.16	860	8.6	EMENT	
27.52	880	8.8	CONTROL	
27.84	900	9		
27.63	920	9.2		
27.32	940	9.4		
28.26	960	9.6		
28.05	980	9.8		
28.78	1000	10		
29.72	1020	10.2		
31.40	1040	10.4		



Lampiran 8 - Statistik dan Nilai Rasio Pengukuran pada Sampel Kubus Bata Kondisi Terskala

a) Pengukuran pada Kubus Bata Terskala

Sample Kubus Terskala	Dimensi			Berat (gr)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
1	39	56	49	169.9
2	38	50	49	149.9
3	38	49	55	166.8
4	38	57	49	167.2
5	39	55	49	162.2
Rata-Rata	38.40	53.40	50.20	163.20
Maksimum	39.00	57.00	55.00	169.90
Minimum	38.00	49.00	49.00	149.90
S-Dev (mm)	0.49	3.26	2.40	7.10
COV (%)	0.01	0.06	0.05	0.04

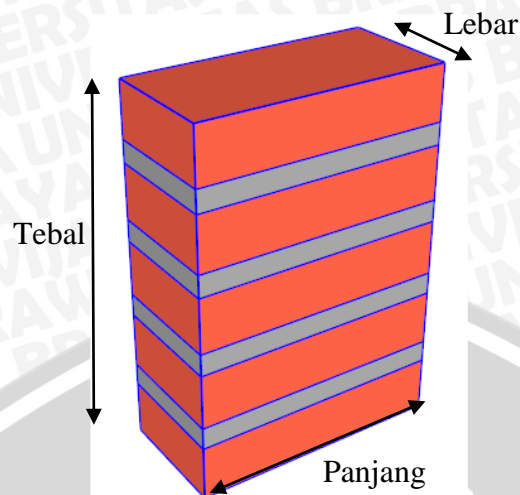
b) Pengukuran Sampel Kubus Asli

Sample Kubus Asli	Dimensi			Berat (gr)
	Lebar (m)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
1	110.7	91.7	119	1662
2	110.7	88	112.3	1439.4
3	110.8	84.4	112.2	1286.4
4	100.7	86	112.2	1430
5	100.7	84	111.7	1316
Rata-Rata	106.72	86.82	113.48	1426.76
Maksimum	110.80	91.70	119.00	1662.00
Minimum	100.70	84.00	111.70	1286.40
S-Dev	4.92	2.82	2.77	132.27
COV	0.05	0.03	0.02	0.09

c) Rasio Nilai Pengukuran Kubus Asli terhadap Kubus Terskala

	Lebar	Tebal	Panjang	Berat
Rasio Dimensi Kubus Asli/Kubus Model	2.78	1.63	2.27	8.75

Lampiran 9 - Pengujian Tekan Prisma Bata (ASTM-C-1314)

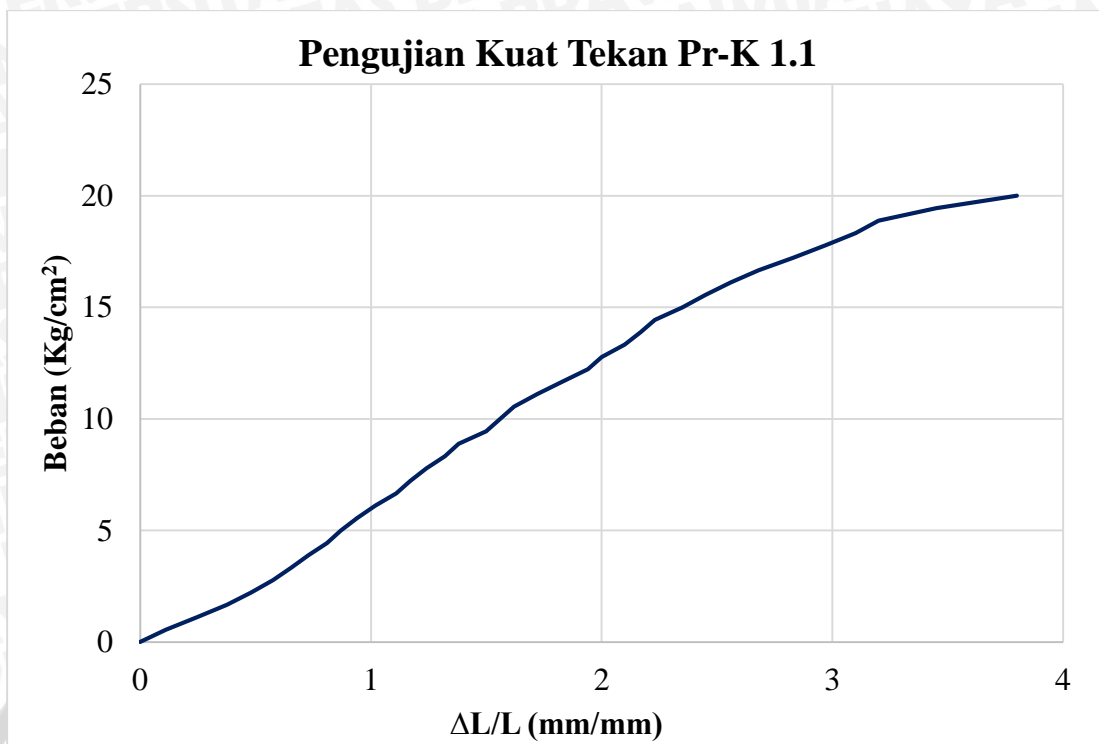


a) Pengujian pada sampel terskala (Pr-K.1.1)

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
36	125	125	Pr-K1.1

P	Δ	Δ	KET.	Δ/L
(Kg/cm ²)	div	mm		%
0.00	0	0.00		0.00000
0.56	11	0.11		0.00088
1.11	24.5	0.25		0.00196
1.67	37.5	0.38		0.00300
2.22	48	0.48		0.00384
2.78	57.5	0.58		0.00460
3.33	65.5	0.66		0.00524
3.89	73	0.73		0.00584
4.44	81	0.81		0.00648
5.00	87	0.87		0.00696
5.56	94	0.94		0.00752
6.11	102	1.02		0.00816
6.67	111	1.11	LOAD CONTROL	0.00888
7.22	117	1.17		0.00936
7.78	124	1.24		0.00992
8.33	132	1.32		0.01056
8.89	138	1.38		0.01104
9.44	150	1.50		0.01200
10.00	156	1.56		0.01248
10.56	162	1.62		0.01296
11.11	172	1.72		0.01376
11.67	183	1.83		0.01464
12.22	194	1.94		0.01552
12.78	200	2.00		0.01600

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
13.33	210	2.10		0.01680
13.89	217	2.17		0.01736
14.44	223	2.23		0.01784
15.00	235	2.35		0.01880
15.56	245	2.45		0.01960
16.11	256	2.56		0.02048
16.67	268	2.68		0.02144
17.22	283	2.83	LOAD CONTROL	0.02264
17.78	297	2.97		0.02376
18.33	310	3.10		0.02480
18.89	320	3.20		0.02560
19.44	345	3.45		0.02760
20.00	380	3.80		0.03040
14.44	499	4.99		
5.96	518	5.18		
6.29	528	5.28		
6.53	538	5.38		
6.84	548	5.48		
6.93	558	5.58		
7.13	568	5.68		
7.22	578	5.78		
7.27	588	5.88		
7.29	598	5.98		
7.47	608	6.08		
7.58	618	6.18		
7.78	628	6.28		
7.96	638	6.38		
8.20	648	6.48	DISSPLACEMENT CONTROL	
8.53	658	6.58		
8.91	668	6.68		
9.36	678	6.78		
9.53	688	6.88		
9.89	698	6.98		
10.60	708	7.08		
10.51	718	7.18		
10.69	728	7.28		
10.89	738	7.38		
10.11	748	7.48		
10.13	758	7.58		
10.07	768	7.68		
10.20	778	7.78		

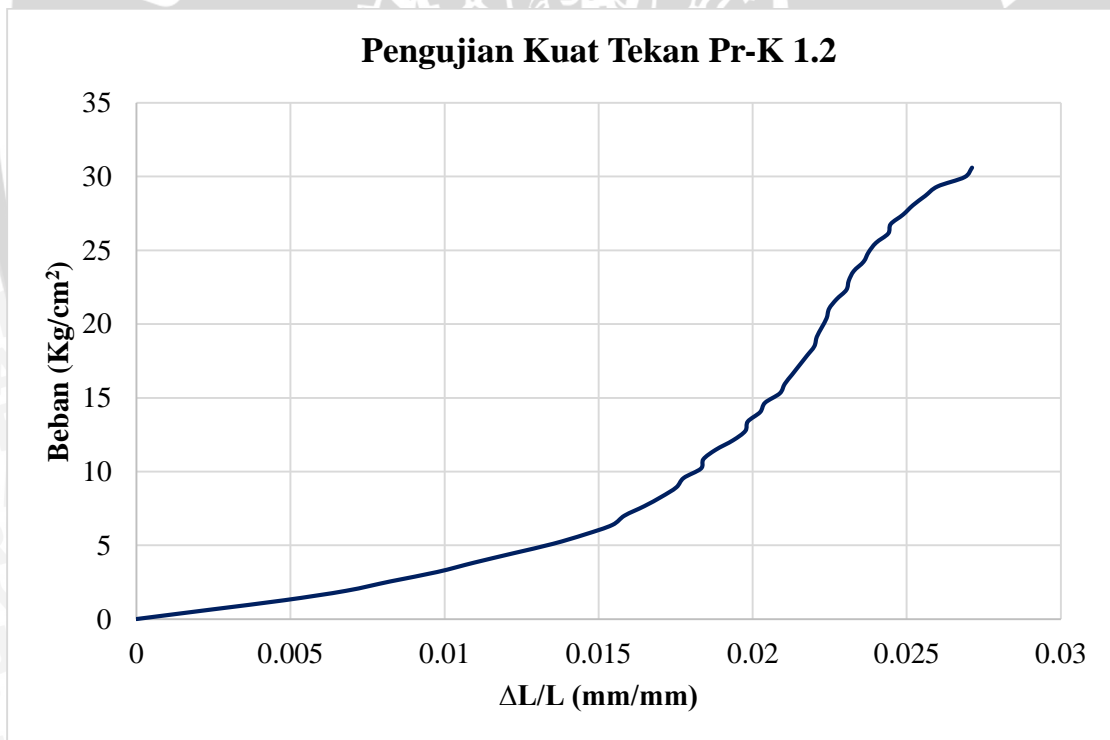


b) Pengujian pada sampel terskala (Pr-K.1.2)

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
37	125	106	1.2

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
0.64	30	0.3		0.00240
1.27	60	0.6		0.00480
1.91	85	0.85		0.00680
2.55	103	1.03		0.00824
3.19	122	1.22		0.00976
3.82	137	1.37		0.01096
4.46	153	1.53		0.01224
5.10	169	1.69		0.01352
5.74	182	1.82		0.01456
6.37	193	1.93		0.01544
7.01	198	1.98		0.01584
7.65	206	2.06		0.01648
8.29	213	2.13		0.01704
8.92	219	2.19		0.01752
9.56	222	2.22		0.01776
10.20	229	2.29		0.01832
10.84	230	2.3		0.01840
11.47	235	2.35	LOAD CONTROL	0.01880
12.11	242	2.42		0.01936
12.75	247	2.47		0.01976
13.39	248	2.48		0.01984
14.02	253	2.53		0.02024
14.66	255	2.55		0.02040
15.30	261	2.61		0.02088
15.94	263	2.63		0.02104
16.57	266	2.66		0.02128
17.21	269	2.69		0.02152
17.85	272	2.72		0.02176
18.49	275	2.75		0.02200
19.12	276	2.76		0.02208
19.76	278	2.78		0.02224
20.40	280	2.8		0.02240
21.04	281	2.81		0.02248
21.67	284	2.84		0.02272
22.31	288	2.88		0.02304
22.95	289	2.89		0.02312

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
23.58	291	2.91		0.02328
24.22	295	2.95		0.02360
24.86	297	2.97		0.02376
25.50	300	3		0.02400
26.13	305	3.05		0.02440
26.77	306	3.06		0.02448
27.41	311	3.11		0.02488
28.05	315	3.15	LOAD	0.02520
28.68	320	3.2	CONTROL	0.02560
29.32	325	3.25		0.02600
29.96	336	3.36		0.02688
30.60	339	3.39		0.02712
31.23	346	3.46		0.02768
26.59	356	3.56		
26.70	445	4.45	DISPLACEMENT	
26.29	455	4.55	CONTROL	
27.05	465	4.65		
26.59	475	4.75		

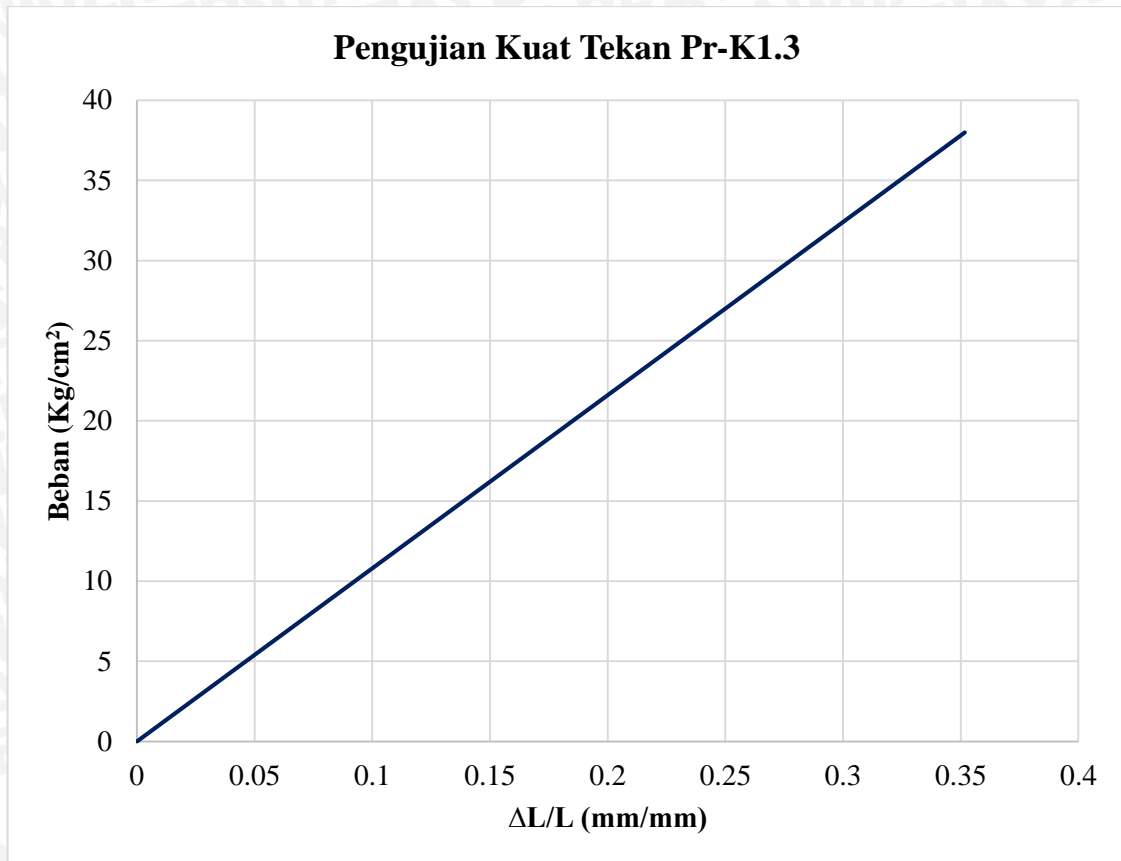


c) Pengujian pada Sampel Terskala (Pr-K1.3)

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
39	108	135	Pr-K1.3

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
0.47	15	0.15		0.00440
0.95	25	0.25		0.00879
1.42	35	0.35		0.01319
1.90	45	0.45		0.01759
2.37	55	0.55		0.02198
2.85	63	0.63		0.02638
3.32	95	0.95		0.03078
3.80	78	0.78		0.03517
4.27	81	0.81		0.03957
4.75	95	0.95		0.04397
5.22	100	1		0.04836
5.70	112	1.12		0.05276
6.17	122	1.22		0.05716
6.65	130	1.3		0.06155
7.12	138	1.38		0.06595
7.60	150	1.5		0.07035
8.07	159	1.59		0.07474
8.55	170	1.7		0.07914
9.02	175	1.75	LOAD CONTROL	0.08354
9.50	182	1.82		0.08793
9.97	187	1.87		0.09233
10.45	192	1.92		0.09673
10.92	197	1.97		0.10112
11.40	201	2.01		0.10552
11.87	204	2.04		0.10992
12.35	207	2.07		0.11431
12.82	209	2.09		0.11871
13.30	213	2.13		0.12311
13.77	215	2.15		0.12750
14.25	218	2.18		0.13190
14.72	224	2.24		0.13629
15.19	227	2.27		0.14069
15.67	230	2.3		0.14509
16.14	232	2.32		0.14948
16.62	235	2.35		0.15388
17.09	237	2.37		0.15828
17.57	239	2.39		0.16267

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	Δ/L %
18.04	242	2.42		0.16707
18.52	244	2.44		0.17147
18.99	246	2.46		0.17586
19.47	247	2.47		0.18026
19.94	248	2.48		0.18466
20.42	250	2.5		0.18905
20.89	252	2.52		0.19345
21.37	254	2.54		0.19785
21.84	255	2.55		0.20224
22.32	256	2.56		0.20664
22.79	258	2.58		0.21104
23.27	264	2.64		0.21543
23.74	265	2.65		0.21983
24.22	268	2.68		0.22423
24.69	271	2.71		0.22862
25.17	276	2.76		0.23302
25.64	280	2.8		0.23742
26.12	285	2.85		0.24181
26.59	295	2.95		0.24621
27.07	294	2.94		0.25061
27.54	300	3		0.25500
28.02	307	3.07		0.25940
28.49	310	3.1		0.26380
28.96	313	3.13	LOAD CONTROL	0.26819
29.44	317	3.17		0.27259
29.91	326	3.26		0.27699
30.39	330	3.3		0.28138
30.86	349	3.49		0.28578
31.34	357	3.57		0.29018
31.81	397	3.97		0.29457
32.29	406	4.06		0.29897
32.76	420	4.2		0.30337
33.24	435	4.35		0.30776
33.71	445	4.45		0.31216
34.19	465	4.65		0.31656
34.66	475	4.75		0.32095
35.14	485	4.85		0.32535
35.61	490	4.9		0.32975
36.09	505	5.05		0.33414
36.56	525	5.25		0.33854
37.04	565	5.65		0.34294
37.51	585	5.85		0.34733
37.99	605	6.05		0.35173

Pengujian Kuat Tekan Pr-K1.3

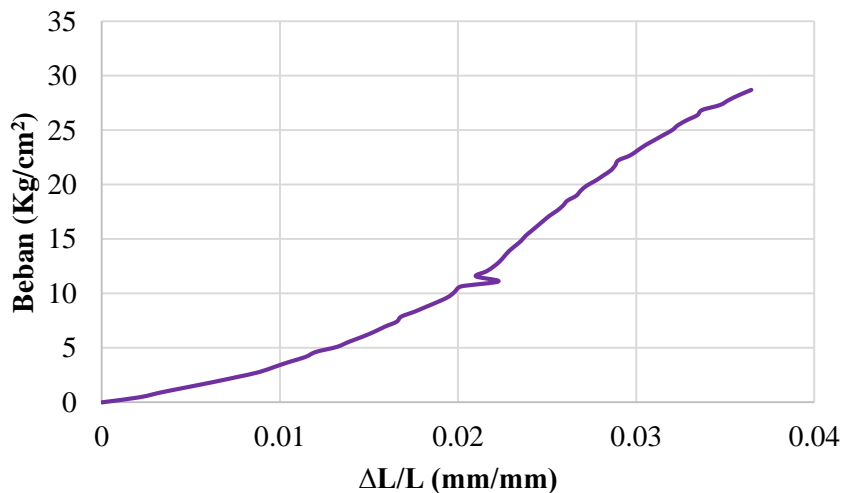
d) Pengujian pada Sample Terskala (Pr-K1.4)

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
40	119	135	1.4

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
0.00	0	0		0.00000
0.46	25	0.25		0.00210
0.93	40	0.4		0.00336
1.39	57	0.57		0.00479
1.85	74	0.74		0.00622
2.31	90	0.9		0.00756
2.78	105	1.05		0.00882
3.24	115	1.15		0.00966
3.70	125	1.25		0.01050
4.17	136	1.36		0.01143
4.63	143	1.43		0.01202
5.09	157	1.57		0.01319
5.56	165	1.65		0.01387
6.02	174	1.74		0.01462
6.48	182	1.82		0.01529
6.94	189	1.89		0.01588
7.41	197	1.97		0.01655
7.87	200	2		0.01681
8.33	209	2.09	LOAD	0.01756
8.80	217	2.17	CONTROL	0.01824
9.26	225	2.25		0.01891
9.72	232	2.32		0.01950
10.19	236	2.36		0.01983
10.65	240	2.4		0.02017
11.11	265	2.65		0.02227
11.57	250	2.5		0.02101
12.04	257	2.57		0.02160
12.50	262	2.62		0.02202
12.96	266	2.66		0.02235
13.43	269	2.69		0.02261
13.89	272	2.72		0.02286
14.35	276	2.76		0.02319
14.81	280	2.8		0.02353
15.28	283	2.83		0.02378
15.74	287	2.87		0.02412
16.20	291	2.91		0.02445
16.67	295	2.95		0.02479
17.13	299	2.99		0.02513

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
18.52	311	3.11		0.02613
18.98	317	3.17		0.02664
19.44	320	3.2		0.02689
19.91	324	3.24		0.02723
20.37	330	3.3		0.02773
20.83	335	3.35		0.02815
21.30	340	3.4		0.02857
21.76	343	3.43		0.02882
22.22	345	3.45		0.02899
22.69	353	3.53		0.02966
23.15	358	3.58		0.03008
23.61	363	3.63		0.03050
24.07	369	3.69		0.03101
24.54	375	3.75		0.03151
25.00	381	3.81		0.03202
25.46	385	3.85		0.03235
25.93	391	3.91		0.03286
26.39	398	3.98		0.03345
26.85	401	4.01		0.03370
27.31	413	4.13		0.03471
27.78	419	4.19		0.03521
28.24	426	4.26		0.03580
28.70	434	4.34		0.03647
0.00	441	4.41		0.03706
17.59	304	3.04		0.02555
18.06	308	3.08		0.02588

Pengujian Kuat Tekan Pr-K 1.4



e) Pengujian pada Sample Terskala (Pr-K1.5)

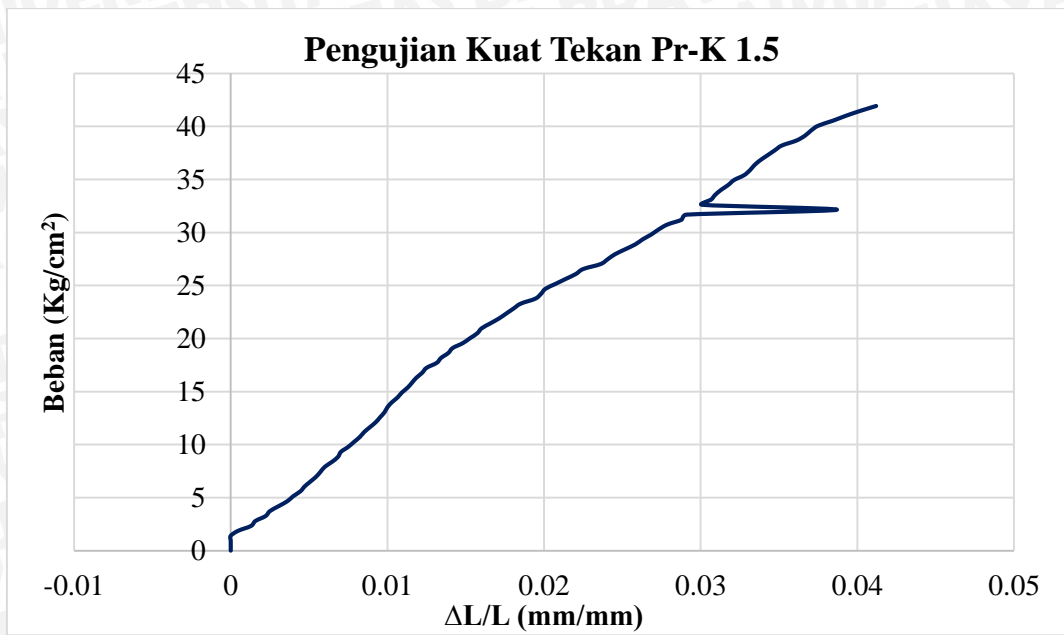
Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
37	108	145	1.5

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
0.00	0	0		0.00000
0.47	0	0		0.00000
0.93	0	0		0.00000
1.40	0	0		0.00000
1.86	5	0.05		0.00046
2.33	14	0.14		0.00130
2.80	17	0.17		0.00157
3.26	24	0.24		0.00222
3.73	27	0.27		0.00250
4.19	33	0.33		0.00306
4.66	39	0.39		0.00361
5.13	43	0.43		0.00398
5.59	48	0.48		0.00444
6.06	51	0.51		0.00472
6.52	55	0.55		0.00509
6.99	59	0.59		0.00546
7.46	62	0.62		0.00574
7.92	65	0.65		0.00602
8.39	70	0.7		0.00648
8.85	74	0.74	LOAD CONTROL	0.00685
9.32	76	0.76		0.00704
9.79	81	0.81		0.00750
10.25	85	0.85		0.00787
10.72	89	0.89		0.00824
11.18	92	0.92		0.00852
11.65	96	0.96		0.00889
12.12	100	1		0.00926
12.58	103	1.03		0.00954
13.05	106	1.06		0.00981
13.51	108	1.08		0.01000
13.98	111	1.11		0.01028
14.45	115	1.15		0.01065
14.91	118	1.18		0.01093
15.38	122	1.22		0.01130
15.84	125	1.25		0.01157
16.31	128	1.28		0.01185
16.78	132	1.32		0.01222
17.24	135	1.35		0.01250

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
17.71	142	1.42		0.01315
18.17	145	1.45		0.01343
18.64	150	1.5		0.01389
19.11	153	1.53		0.01417
19.57	160	1.6		0.01481
20.04	165	1.65		0.01528
20.50	170	1.7		0.01574
20.97	173	1.73		0.01602
21.44	179	1.79		0.01657
21.90	185	1.85		0.01713
22.37	190	1.9		0.01759
22.83	195	1.95		0.01806
23.30	200	2		0.01852
23.77	210	2.1		0.01944
24.23	214	2.14		0.01981
24.70	217	2.17		0.02009
25.16	224	2.24		0.02074
25.63	231	2.31		0.02139
26.10	238	2.38		0.02204
26.56	243	2.43		0.02250
27.03	255	2.55		0.02361
27.49	260	2.6		0.02407
27.96	265	2.65		0.02454
28.42	272	2.72		0.02519
28.89	279	2.79		0.02583
29.36	284	2.84		0.02630
29.82	290	2.9		0.02685
30.29	295	2.95		0.02731
30.75	301	3.01		0.02787
31.22	311	3.11		0.02880
31.69	314	3.14		0.02907
32.15	418	4.18		0.03870
32.62	325	3.25		0.03009
33.08	331	3.31		0.03065
33.55	334	3.34		0.03093
34.02	338	3.38		0.03130
34.48	343	3.43		0.03176
34.95	347	3.47		0.03213
35.41	354	3.54		0.03278
35.88	358	3.58		0.03315
36.35	361	3.61		0.03343

LOAD CONTROL

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
36.81	365	3.65		0.03380
37.28	370	3.7		0.03426
37.74	375	3.75		0.03472
38.21	380	3.8		0.03519
38.68	390	3.9		0.03611
39.14	396	3.96		0.03667
39.61	400	4		0.03704
40.07	405	4.05	LOAD CONTROL	0.03750
40.54	415	4.15		0.03843
41.01	424	4.24		0.03926
41.47	434	4.34		0.04019
41.94	445	4.45		0.04120
20.17	740	10.82		
19.83	750	10.64		
19.57	760	10.5		
19.72	770	10.58		
19.79	780	10.62		
19.91	790	10.68		
19.91	800	10.68		
19.98	810	10.72		
20.50	820	11	DISPLACEMENT CONTROL	
20.62	830	11.06		
20.65	840	11.08		
20.50	850	11		
20.73	860	11.12		
20.50	870	11		
20.35	880	10.92		
20.21	890	10.84		
20.13	900	10.8		
19.79	910	10.62		
19.72	920	10.58		

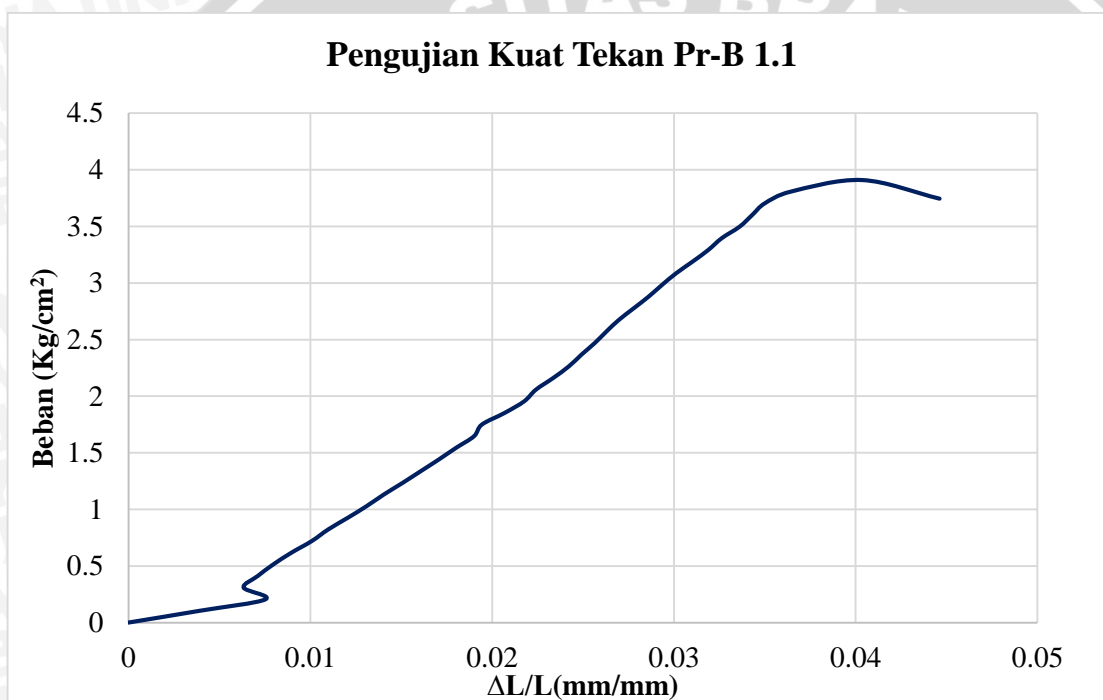


f) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.1)

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
108	232	225	Pr-B1.1

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
0.00	0	0		0.00000
0.10	90	0.9		0.00388
0.21	175	1.75		0.00754
0.31	147	1.47		0.00634
0.41	165	1.65		0.00711
0.51	185	1.85		0.00797
0.62	208	2.08		0.00897
0.72	234	2.34		0.01009
0.82	255	2.55		0.01099
0.93	280	2.8		0.01207
1.03	304	3.04		0.01310
1.13	326	3.26		0.01405
1.23	350	3.5		0.01509
1.34	373	3.73		0.01608
1.44	396	3.96		0.01707
1.54	418	4.18		0.01802
1.65	441	4.41		0.01901
1.75	451	4.51		0.01944
1.85	480	4.8		0.02069
1.95	505	5.05	LOAD CONTROL	0.02177
2.06	520	5.2		0.02241
2.16	542	5.42		0.02336
2.26	562	5.62		0.02422
2.37	578	5.78		0.02491
2.47	595	5.95		0.02565
2.57	610	6.1		0.02629
2.67	626	6.26		0.02698
2.78	645	6.45		0.02780
2.88	664	6.64		0.02862
2.98	681	6.81		0.02935
3.09	699	6.99		0.03013
3.19	720	7.2		0.03103
3.29	740	7.4		0.03190
3.40	757	7.57		0.03263
3.50	780	7.8		0.03362
3.60	796	7.96		0.03431
3.70	812	8.12		0.03500
3.81	845	8.45		0.03642

P (Kg/cm²)	Δ div	Δ mm	KET.	ΔL/L %
3.91	936	9.36		0.04034
3.74	1035	10.35		0.04461
2.88	1170	11.7		0.05043
2.13	1290	12.9		0.05560
1.81	1310	13.1		0.05647
1.80	1330	13.3	LOAD CONTROL	0.05733
1.76	1350	13.5		0.05819
1.71	1370	13.7		0.05905
1.72	1390	13.9		0.05991
1.74	1410	14.1		0.06078
1.65	1430	14.3		0.06164

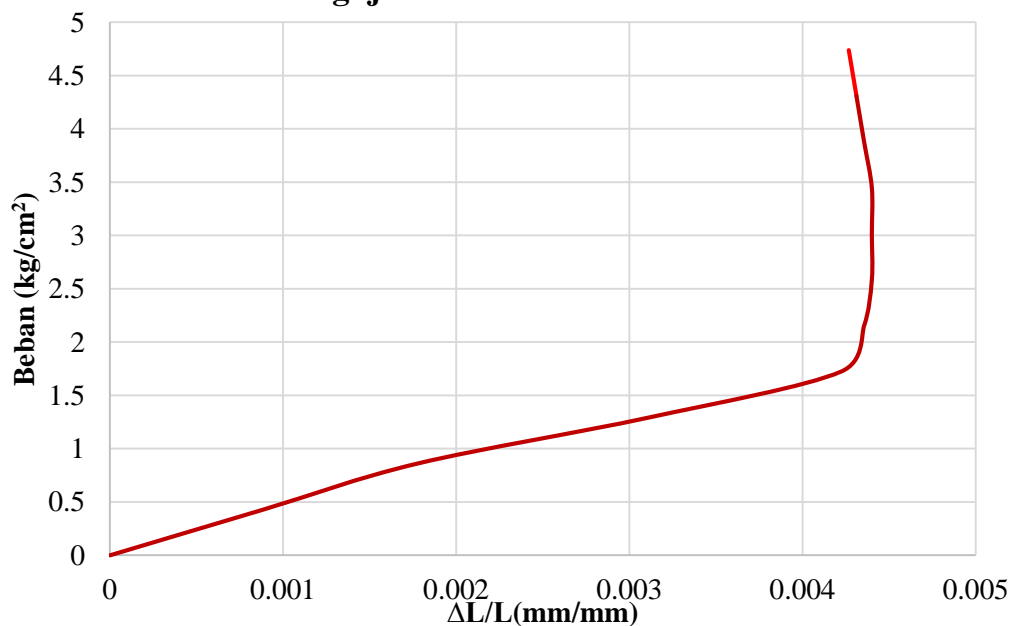


g) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.2)

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
106	225	219	Pr-B1.2

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
0.43	270	0.2		0.00089
0.86	310	0.4		0.00178
1.29	340	0.7		0.00311
1.72	365	0.95		0.00422
2.15	368	0.98		0.00436
2.58	369	0.99		0.00440
3.02	369	0.99		0.00440
3.45	369	0.99	LOAD CONTROL	0.00440
3.88	368	0.98		0.00436
4.31	367	0.97		0.00431
4.74	366	0.96		0.00427
5.17	360	0.9		0.00400
5.60	353	0.83		0.00369
6.03	300	0.3		0.00133
6.46	270	0		0.00000
6.89	150	-1.2		-0.00533

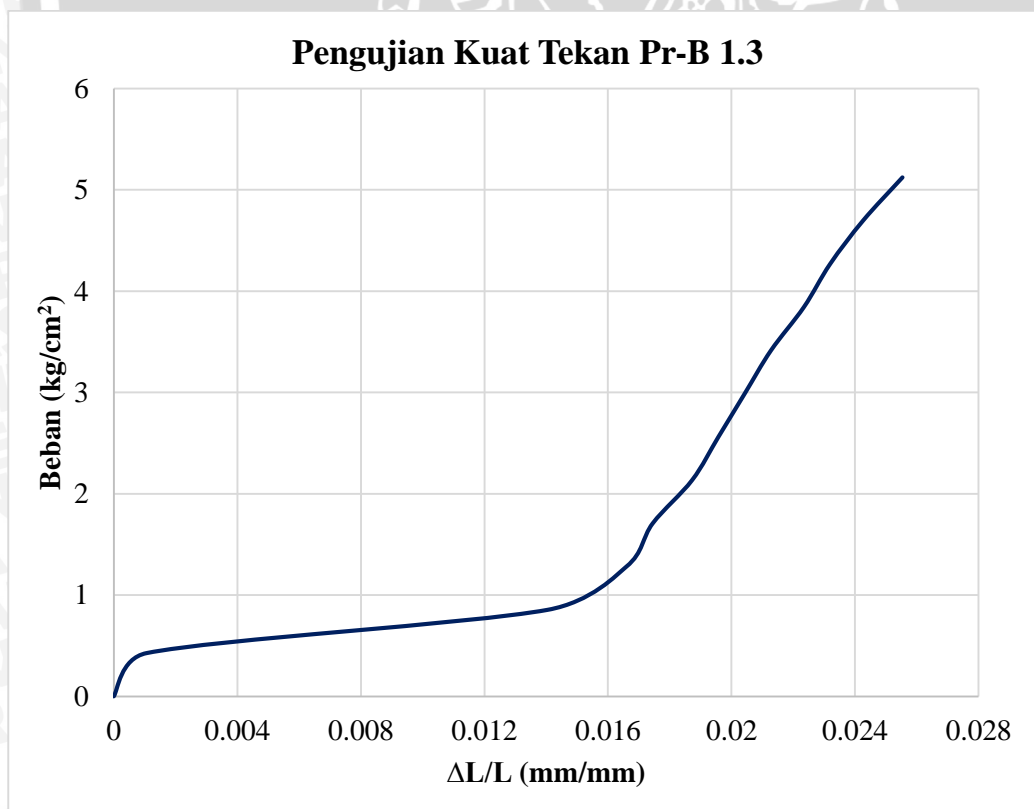
Pengujian Kuat Tekan Pr-B 1.2



h) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.3)

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
106	235	221	Pr-B1.3

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		
0.43	25	0.25		0.00106
0.85	330	3.3		0.01404
1.28	390	3.9		0.01660
1.71	410	4.1		0.01745
2.13	440	4.4		0.01872
2.56	460	4.6	LOAD	0.01957
2.99	480	4.8	CONTROL	0.02043
3.42	500	5		0.02128
3.84	525	5.25		0.02234
4.27	545	5.45		0.02319
4.70	570	5.7		0.02426
5.12	600	6		0.02553

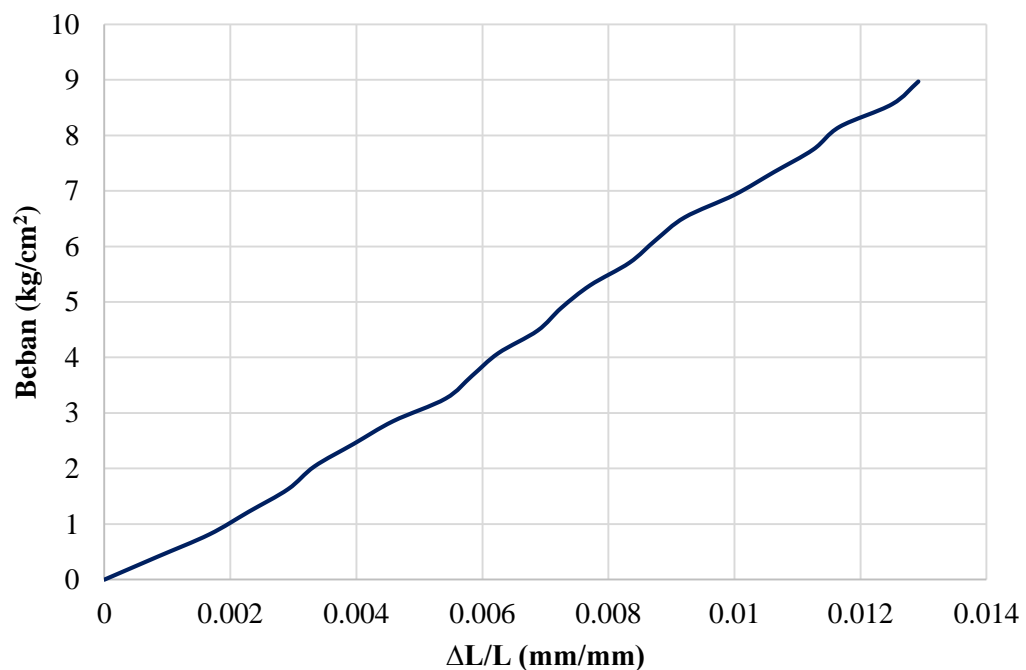


i) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.4)

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
106	245	220	Pr-B1.4

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\Delta L/L$ %
0.00	0	0		0.00000
0.43	30	0.3		0.00122
0.86	150	1.5		0.00612
1.29	200	2		0.00816
1.72	220	2.2		0.00898
2.14	240	2.4		0.00980
2.57	270	2.7		0.01102
3.00	280	2.8	LOAD	0.01143
3.43	300	3	CONTROL	0.01224
3.86	312	3.12		0.01273
4.29	330	3.3		0.01347
4.72	345	3.45		0.01408
5.15	360	3.6		0.01469
5.57	375	3.75		0.01531
6.00	395	3.95		0.01612
6.43	430	4.3		0.01755

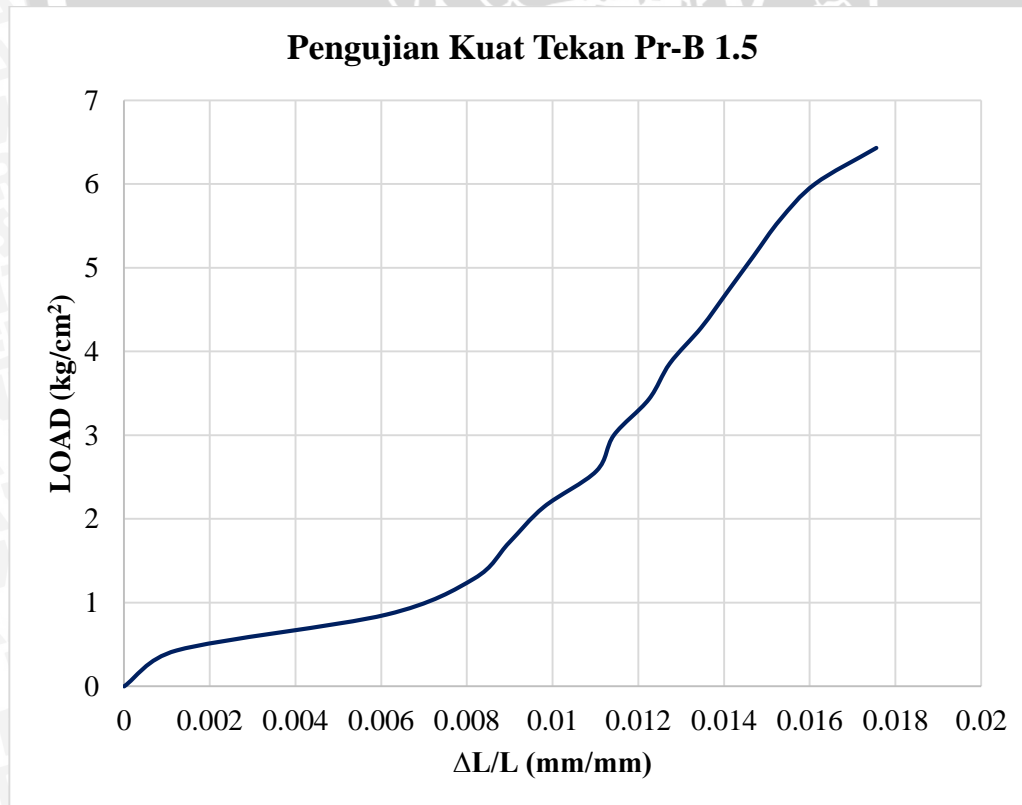
Pengujian Kuat Tekan Pr-B 1.4



j) Pengujian pada Sample Asli (Pr-B1.5)

Lebar (mm)	Dimensi		Code
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
106	245	220	Pr-B1.5

P (Kg/cm ²)	Δ div	Δ mm	KET.	$\frac{\Delta L}{L}$ %
0.00	0	0		0.00000
0.43	30	0.3		0.00122
0.86	150	1.5		0.00612
1.29	200	2		0.00816
1.72	220	2.2		0.00898
2.14	240	2.4		0.00980
2.57	270	2.7		0.01102
3.00	280	2.8	LOAD	0.01143
3.43	300	3	CONTROL	0.01224
3.86	312	3.12		0.01273
4.29	330	3.3		0.01347
4.72	345	3.45		0.01408
5.15	360	3.6		0.01469
5.57	375	3.75		0.01531
6.00	395	3.95		0.01612
6.43	430	4.3		0.01755



Lampiran 10. Statistik Nilai Pengukuran Prisma Bata pada Pengujian ASTM-C1314 pada Kondisi Asli Dan Terskala, serta Rasio Dimensi Prisma Bata Asli terhadap Prisma Bata Terskala

n	Dimensi (Terskala)			Kode
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
5	37	108	145	Pr-K1.5
	40	119	135	Pr-K1.4
	39	108	135	Pr-K1.3
	37	125	106	Pr-K1.2
	36	125	125	Pr-K1.1
Rata-Rata	37.8	117	129.2	
Maksimum	40	125	145	
Minimum	36	108	106	
S-Dev	1.47	7.67	13.22	
Cov	0.04	0.07	0.11	

n	Dimensi (Asli)			Kode
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
5	106	245	220	Pr-B1.5
	109	240	225	Pr-B1.4
	106	235	221	Pr-B1.3
	106	225	219	Pr-B1.2
	108	232	225	Pr-B1.1
Rata-Rata	106	245	220	
Maksimum	109	240	225	
Minimum	106	235	221	
S-Dev	106	225	219	
Cov	108	232	225	

Rasio Dimensi Prisma Kondisi Asli Terhadap kondisi Terskala	Panjang	Lebar	Tebal
	2.84	2.02	1.72

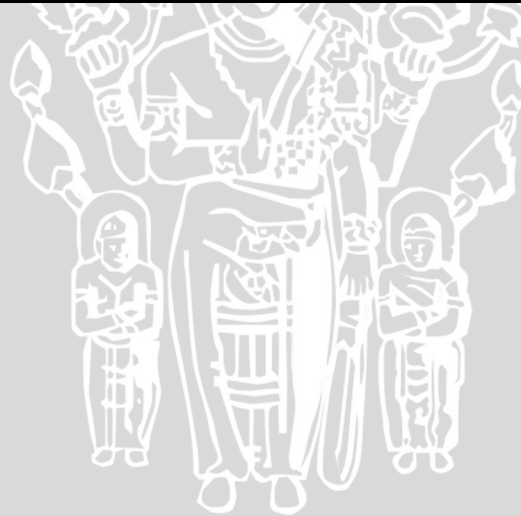
**Lampiran 11 - Nilai Kuat Tekan dan Rasio Kuat Tekan Prisma pada Pengujian
ASTM-C1314 pada Kondisi Asli dan Terskala**

Sample (Terskala)	P-ultimit (Kg/cm ²)	Sample (Asli)	P-ultimit (Kg/cm ²)
Pr-K.1.1	20	Pr-B1.1	3.92
Pr-K.1.2	31.24	Pr-B 1.2	4.74
Pr-K.1.3	37.99	Pr-B 1.3	5.13
Pr-K.1.4	28.71	Pr-B 1.4	8.98
Pr-K.1.5	41.94	Pr-B 1.5	6.44

Rasio Properti Prisma Terskala terhadap Prisma Asli			
	(A)	(B)	(A)/(B)
Rata-rata	34.96574071	6.31593	5.54
Maksimum	41.93849021	8.970438	4.68
Minimum	28.7037037	4.73852	6.06
S-Dev	5.265073016	1.656231	3.18
COV	0.150578049	0.262231	0.58

Rata-rata

4.00440007

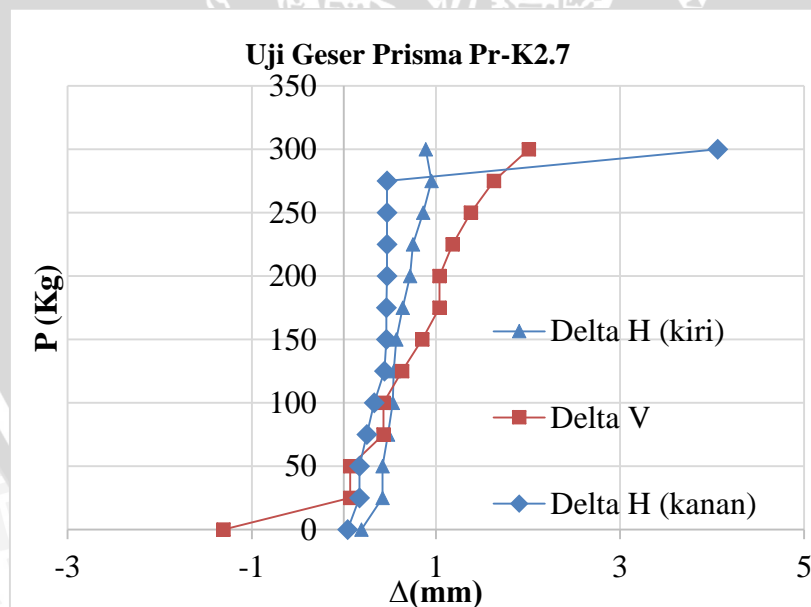


Lampiran 12 – Pengujian Kuat Geser pada Prisma Bata Merah

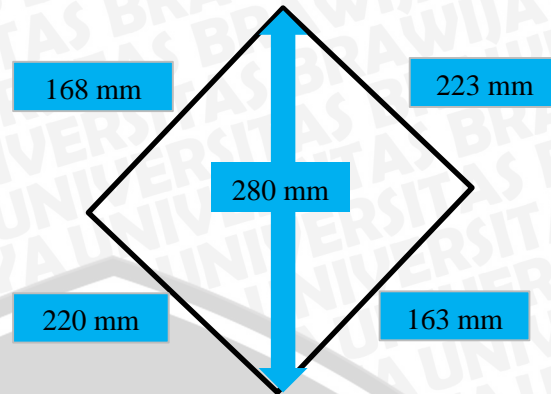
a) Pengujian Kuat Geser Prisma Bata Pr-K2.7

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
39.2	170.5	226	Pr-K2.7

P (Kg)	ΔH_{kanan} (mm)	ΔV (mm)	ΔH_{kiri} (mm)
0	0.19	-1.31	0.04
25	0.42	0.07	0.17
50	0.42	0.07	0.17
75	0.48	0.43	0.25
100	0.53	0.43	0.33
125	0.54	0.63	0.44
150	0.57	0.85	0.46
175	0.64	1.04	0.46
200	0.72	1.04	0.47
225	0.75	1.18	0.47
250	0.86	1.38	0.47
275	0.95	1.63	0.47
300	0.89	2.01	4.06



- P : Beban yang terjadi (N)
 An : Luas Netto (mm²)
 W : Lebar sample (mm)
 h : Tinggi sample (mm)
 t : Tebal sampel (mm)
 n : Prosentasi kepadatan sample
 (desimal)



$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = (W+h/2)t_n$$

$$A_n = 7433.496 \text{ mm}^2$$

$$S_s = \frac{2079.98}{7433.496} \text{ (N)}$$

$$S_s = 0.279812 \text{ N/mm}^2$$

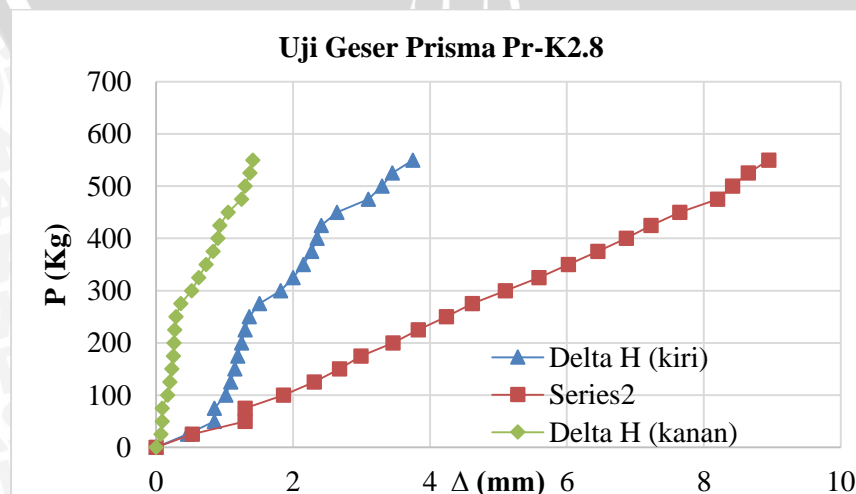
$$S_s = 2.798118 \text{ Kg/cm}^2$$



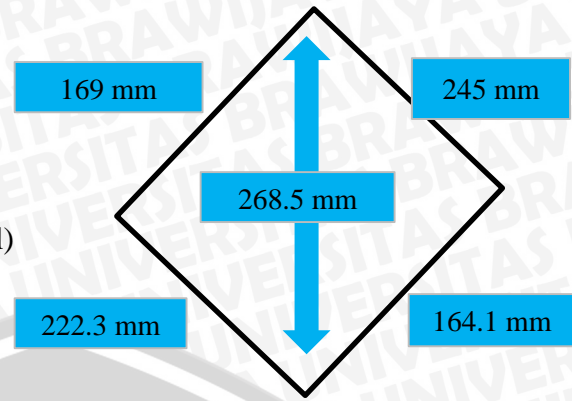
b) Pengujian Kuat Geser Prisma Pr-K2.8

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
40.5	165.5	222.5	Pr-K2.8

P (Kg)	ΔH_{kanan} (mm)	ΔV (mm)	ΔH_{kiri} (mm)
0	0	0	0
25	0.46	0.53	0.07
50	0.85	1.3	0.09
75	0.85	1.3	0.09
100	1.02	1.86	0.17
125	1.09	2.31	0.2
150	1.15	2.68	0.23
175	1.19	2.99	0.25
200	1.25	3.46	0.26
225	1.3	3.83	0.27
250	1.36	4.24	0.29
275	1.51	4.62	0.36
300	1.82	5.1	0.52
325	2	5.59	0.62
350	2.15	6.02	0.73
375	2.27	6.45	0.83
400	2.35	6.87	0.9
425	2.41	7.23	0.93
450	2.64	7.65	1.05
475	3.1	8.2	1.25
500	3.3	8.42	1.3
525	3.45	8.65	1.37
550	3.75	8.95	1.41
575	-	-	-



- P : Beban yang terjadi (N)
 An : Luas Netto (mm²)
 W : Lebar sample (mm)
 h : Tinggi sample (mm)
 t : Tebal sampel (mm)
 n : Prosentasi kepadatan sample (desimal)



$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = (W+h/2)tn$$

$$A_n = 7941.969 \text{ mm}^2$$

$$S_s = \frac{3986.628065 \text{ (N)}}{7941.969 \text{ (mm}^2)}$$

$$S_s = 0.501969734 \text{ N/mm}^2$$

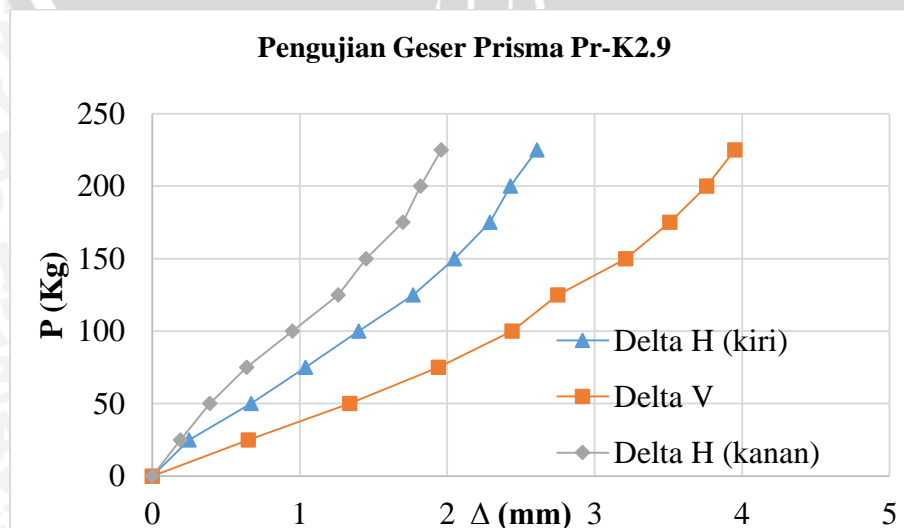
$$S_s = 5.019697338 \text{ Kg/cm}^2$$



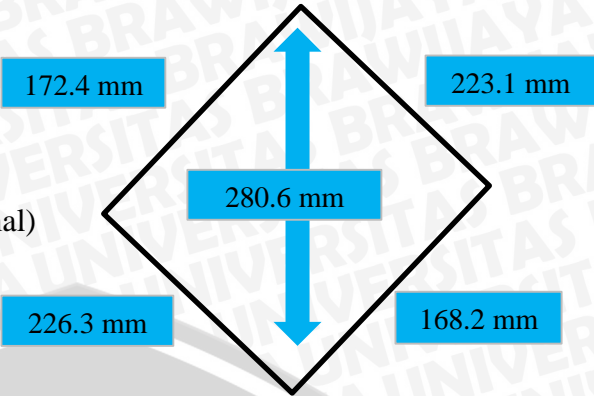
c) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.9

Dimensi			Kode
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
40.5	165.5	222.5	Pr-K2.8

P (Kg)	ΔH_{kanan} (mm)	ΔV (mm)	ΔH_{kiri} (mm)
0	0	0	0
25	0.46	0.53	0.07
50	0.85	1.3	0.09
75	0.85	1.3	0.09
100	1.02	1.86	0.17
125	1.09	2.31	0.2
150	1.15	2.68	0.23
175	1.19	2.99	0.25
200	1.25	3.46	0.26
225	1.3	3.83	0.27
250	1.36	4.24	0.29
275	1.51	4.62	0.36
300	1.82	5.1	0.52
325	2	5.59	0.62
350	2.15	6.02	0.73
375	2.27	6.45	0.83
400	2.35	6.87	0.9
425	2.41	7.23	0.93
450	2.64	7.65	1.05
475	3.1	8.2	1.25
500	3.3	8.42	1.3
525	3.45	8.65	1.37
550	3.75	8.95	1.41
575	-	-	-



- P : Beban yang terjadi (N)
 An : Luas Netto (mm²)
 W : Lebar sample (mm)
 h : Tinggi sample (mm)
 t : Tebal sampel (mm)
 n : Prosentasi kepadatan sample (desimal)



$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = (W+h/2)tn$$

$$A_n = 7567.8 \text{ mm}^2$$

$$S_s = \frac{1733.3 \text{ (N)}}{7567.8 \text{ (mm}^2)}$$

$$S_s = 0.229 \text{ N/mm}^2$$

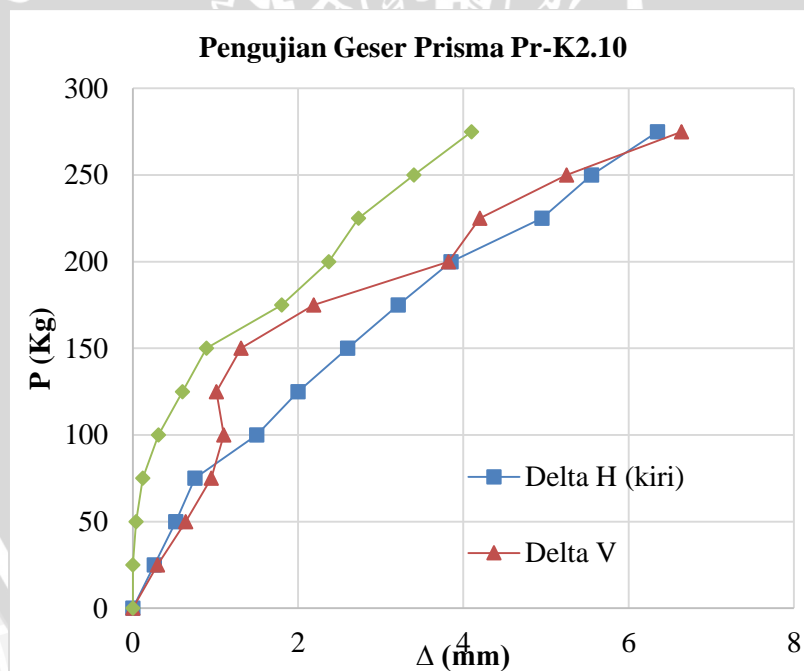
$$S_s = 2.2904 \text{ Kg/cm}^2$$



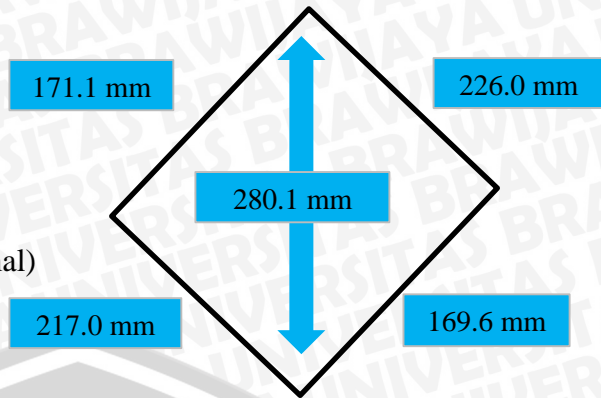
d) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.10

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
39.1	171.7	222.5	2.9

P (Kg)	ΔH_{kiri} (mm)	ΔV (mm)	ΔH_{kiri} (mm)
0	0	0	0
25	0.25	0.65	0.19
50	0.67	1.34	0.39
75	1.04	1.94	0.64
100	1.4	2.44	0.95
125	1.77	2.75	1.26
150	2.05	3.21	1.45
175	2.29	3.51	1.7
200	2.43	3.76	1.82
225	2.61	3.95	1.96
250	-	-	-



- P : Beban yang terjadi (N)
 An : Luas Netto (mm²)
 W : Lebar sample (mm)
 h : Tinggi sample (mm)
 t : Tebal sampel (mm)
 n : Prosentasi kepadatan sample (desimal)



$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = (W+h/2)tn$$

$$A_n = 7699.5 \text{ mm}^2$$

$$S_s = \frac{1906.6 \text{ (N)}}{7699.5 \text{ (mm}^2)}$$

$$S_s = 0.2476 \text{ N/mm}^2$$

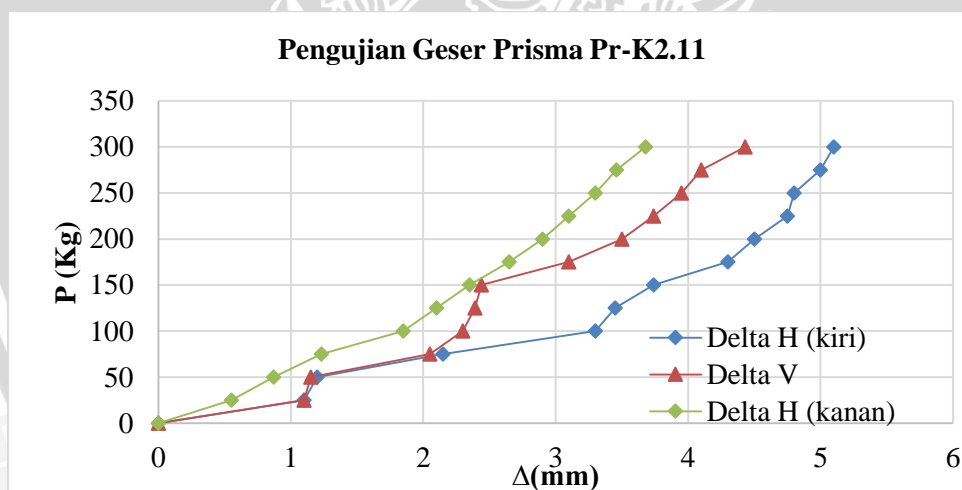
$$S_s = 2.4763 \text{ Kg/cm}^2$$



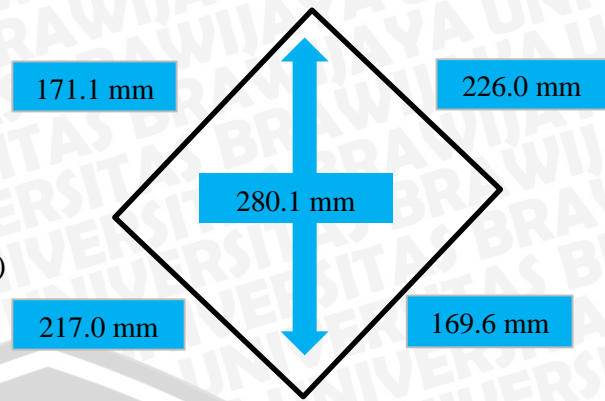
e) Pengujian Geser Prisma Pr-K2.11

Lebar (mm)	Dimensi		Kode
	Tebal (mm)	Panjang (mm)	
40.1	171.1	225.1	Pr-K2.11

P (Kg)	ΔH_{kanan} (mm)	ΔV (mm)	ΔH_{kiri} (mm)
0	0	0	0
25	1.1	1.1	0.55
50	1.2	1.15	0.87
75	2.15	2.05	1.23
100	3.3	2.3	1.85
125	3.45	2.39	2.1
150	3.74	2.44	2.35
175	4.3	3.1	2.65
200	4.5	3.5	2.9
225	4.75	3.74	3.1
250	4.8	3.95	3.3
275	5	4.1	3.46
300	5.1	4.43	3.68



- P : Beban yang terjadi (N)
 An : Luas Netto (mm²)
 W : Lebar sample (mm)
 h : Tinggi sample (mm)
 t : Tebal sampel (mm)
 n : Prosentasi kepadatan sample (desimal)



$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = (W+h/2)tn$$

$$A_n = 7699.46065 \text{ mm}^2$$

$$S_s = \frac{2079.97986}{7699.46065} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$S_s = 0.270146177 \text{ N/mm}^2$$

$$S_s = 2.701461771 \text{ Kg/cm}^2$$

f) Statistik Pengujian Geser

Kode	Dimension			berat (gr)	Berat isi (gr/mm ³)	Shear Stress (Kg/cm ²)
	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)			
Pr-K2.11	40.1	171.1	225.1	2238.3	0.00145	2.70
Pr-K2.10	39.4	169.6	226.1	2238.3	0.00148	2.48
Pr-K2.9	39.1	171.7	222.5	2283.3	0.00153	2.48
Pr-K2.8	40.5	165.5	222.5	2257.4	0.00151	5.02
Pr-K2.7	39.2	170.5	226	2157	0.00143	2.80
Rata-rata	39.66	169.68	224.44	2234.86	0.00148	3.09
Maksimum	40.5	171.7	226.1	2283.3	0.00153	5.02
Minimum	39.1	165.5	222.5	2157	0.00143	2.48
S-Dev	0.55	2.20	1.62	42.29	0.00004	0.97
COV	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02553	0.31

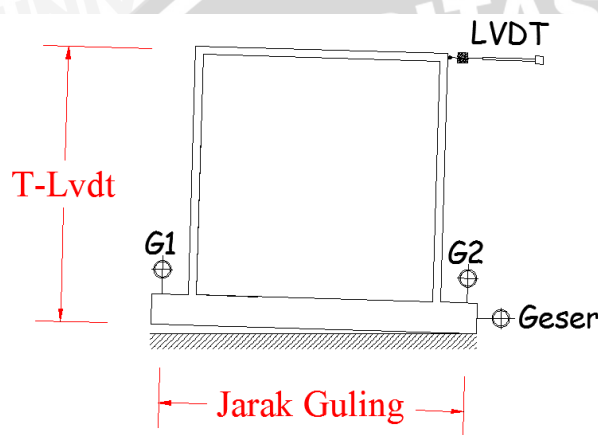
Lampiran 13 – Contoh Perhitungan Δ terkoreksi

Δ	Kontrol			Koreksi Guling	$\Delta_{\text{Terkoreksi}}$
	Guling 1	Guling 2	Geser		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
-3.6	-0.08	-0.005	0.015		

Tinggi LVDT = 1340,00 mm

Jarak G2-G1 = 444,80 mm

Maka $\Delta_{\text{Terkoreksi}}$ adalah sebesar. . .



$$\text{Guling} = \frac{|G1-G2|}{L_{G2-G1}} \times T_{\text{lvdt}}$$

$$\text{Guling} = \frac{|-0.08-0.005|}{1340-444.80} \times 1340$$

$$\text{Guling} = \frac{0.075}{1560} \times 1340$$

$$\text{Guling} = 0.06442 \text{ mm}$$

$$\text{Geser} = 0.015 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{terkoreksi}} = \Delta_{\text{bacaan}} \pm \text{Geser} \pm \text{Guling}$$

$$\Delta_{\text{terkoreksi}} = -3.60 + 0.015 + 0.06442$$

$$\Delta_{\text{terkoreksi}} = -3,52058 \text{ mm}$$

Δ	Kontrol			Koreksi Guling	$\Delta_{\text{Terkoreksi}}$
	Guling 1	Guling 2	Geser		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
-3.6	-0.08	-0.005	0.015	0.06442	-3.52058

Catatan:

Tanda \pm pada geser dan guling disesuaikan dengan bacaan pada alat (kondisional)

Lampiran 14 - Kapasitas Maksimum Beban Runtuh Dinding Terkekang pada Drift 1% (12 mm)

a) Hasil pengujian siklik

Kode Sampel	Siklus Pertama			
	Ke kanan		Ke kiri	
	P-maksimum (Kg)	Δ terkoreksi (mm)	P-maksimum (Kg)	Δ terkoreksi (mm)
A1 (Tanpa Bukaannya)	-585.00	-12.00	667.00	12.00
A3 (Tanpa Bukaannya)	-680.00	-12.00	427.00	11.96
B1 (Bukaan Tengah)	-142.00	-11.66	127.50	11.99
B2 (Bukaan Tengah)	-372.00	-11.84	431.00	11.77
B3 (Bukaan Tengah)	-432.00	-11.54	377.50	11.28
C1 (Bukaan Tepi)	-370.00	-11.64	720.00	10.63
C2 (Bukaan Tepi)	-251.00	-11.93	531.00	11.86
C3 (Bukaan Tepi)	-483.00	-11.23	646.00	9.85

Kode Sampel	Siklus Kedua			
	Ke Kanan		Ke Kiri	
	P-maksimum (Kg)	Δ terkoreksi (mm)	P-maksimum (Kg)	Δ terkoreksi (mm)
A1 (Tanpa Bukaannya)	-566.50	-11.61	620.00	11.98
A3 (Tanpa Bukaannya)	-621.00	-11.99	389.00	11.97
B1 (Bukaan Tengah)	-99.00	-11.67	97.00	12.00
B2 (Bukaan Tengah)	-353.00	-11.83	400.00	11.79
B3 (Bukaan Tengah)	-401.00	-11.57	348.00	11.31
C1 (Bukaan Tepi)	-335.00	-11.68	672.00	10.68
C2 (Bukaan Tepi)	-230.00	-11.92	485.00	11.88
C3 (Bukaan Tepi)	-443.00	-13.09	607.00	9.86

b) Nilai rata-rata hasil pengujian

Rata-Rata pada Siklus Pertama		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	-632.50	547.00
	B (Bukaan Tengah)	-315.33	312.00
	C (Bukaan Tepi)	-368.00	632.33
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	-12.00	11.98
	B (Bukaan Tengah)	-11.68	11.68
	C (Bukaan Tepi)	-11.60	10.78

Rata-Rata pada Siklus Kedua		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	-593.75	504.50
	B (Bukaan Tengah)	-284.33	281.67
	C (Bukaan Tepi)	-336.00	588.00
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	-11.80	11.98
	B (Bukaan Tengah)	-11.69	11.70
	C (Bukaan Tepi)	-12.23	10.81

c) **Nilai standar deviasi pada pengujian siklik**

S-Dev pada Siklus Pertama		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	47.50	120.00
	B (Bukaan Tengah)	124.99	132.28
	C (Bukaan Tepi)	94.72	77.76
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	0.00	0.02
	B (Bukaan Tengah)	0.12	0.30
	C (Bukaan Tepi)	0.29	0.83

S-Dev pada siklus kedua		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	27.25	115.50
	B (Bukaan Tengah)	132.51	132.29
	C (Bukaan Tepi)	86.96	77.52
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	0.19	0.00
	B (Bukaan Tengah)	0.11	0.29
	C (Bukaan Tepi)	0.62	0.83

d) **Nilai COV pada pengujian siklik**

COV pada siklus pertama		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	0.08	0.22
	B (Bukaan Tengah)	0.40	0.42
	C (Bukaan Tepi)	0.26	0.12
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	0.00	0.00
	B (Bukaan Tengah)	0.01	0.03
	C (Bukaan Tepi)	0.02	0.08

COV pada siklus kedua		Ke Kanan	Ke Kiri
P-ultimit (Kg)	A (Tanpa Bukaannya)	0.05	0.23
	B (Bukaan Tengah)	0.47	0.47
	C (Bukaan Tepi)	0.26	0.13
Δ (mm)	A (Tanpa Bukaannya)	0.02	0.00
	B (Bukaan Tengah)	0.01	0.02
	C (Bukaan Tepi)	0.05	0.08

Lampiran 15 - Contoh Perhitungan Teoritis Kapasitas Runtuh Dinding Terkekang

a) Perhitungan menggunakan persamaan Meli *et al*

$$V = (0.5V_m + 0.3\sigma) \leq 1.5 V_m$$

Maka prosedur untuk menghitung persamaan diatas adalah sebagai berikut:

- 1) Melihat pada tabel 2.6 untuk menentukan nilai V_m .
- 2) Menghitung nilai σ , dan V

Langkah 1). Menentukan nilai V_m .

- Pada contoh perhitungan kali ini, mengacu pada dinding A (Tanpa Bukaannya). Dinding terbuat dari bahan dasar bata merah yang tidak berongga beserta pemakaian mortar berbahan dasar semen Portland tipe II $\rightarrow V_m = 0,35 \text{ Mpa}$ ($3,5 \text{ Kg/cm}^2$)

Langkah 2). Menentukan nilai σ .

- σ merupakan berat pasangan bata pada tiap luasan (Kg/cm^2), untuk menghitungnya diperlukan data-data potongan penampang/*crosssectional area* dari tiap dinding Lampiran 1.
- Menghitung berat elemen pada dinding berdasarkan volume.
- Volume dinding (V_w) tanpa bukaan, tanpa balok-kolom pengekang dengan tebal dinding 4 cm

$$V_w = \text{Tinggi dinding} \times \text{Lebar dinding} \times \text{Tebal dinding}$$

$$V_w = 121.33 \times 125.42 \times 4.00$$

$$V_w = 60868.9 \text{ cm}^3$$

- Volume Pengekang (V_c)

$$V_c = \text{Volume Kolom} + \text{Volume Balok Ring}$$

$$V_c = 121.33 \times 4.88 + 125.42 \times 4.32$$

$$V_c = 5230.39 \text{ cm}^3$$

- Perbandingan volume pengekang terhadap dinding

$$V_c/V_w = 0.09, \text{ sehingga dinding berisi pasangan bata sebesar } 0.91 \text{ (91\%)}$$

- Berat total dinding (W_t)

$$Wt-A = (\text{Volume dinding} \times \text{prosentase pas. bata} \times \text{Berat isi dinding}) \\ + (\text{Volume pengekang} \times \text{prosentase pengekang} \times \text{Berat isi Pengekang}) +$$

$$Wt-A = 60868.9 \times 0.91 \times 0.00147 = 81.7886 \\ 5230.39 \times 0.09 \times 0.0024 = 1.07866 +$$

$$Wt-A = 82.8672$$

- σ = Berat pasangan bata pada tiap luasan (Kg/cm^2)

$$\sigma = Wt/\Sigma Ap$$

$$Wt = \text{Berat total dinding (Kg)}$$

$$\Sigma Ap = \text{Total luas potongan penampang dinding (cm}^2\text{)}$$

$$\sigma = \frac{82.8672}{501.667} \text{ (Kg)}$$

$$= 0.16518 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\sigma = 0.16518 \text{ Kg/cm}^2$$

- $V = (0.5V_m + 0.3\sigma) \leq 1.5 V_m$
 $V = (0.5 \times 3.50 + 0.3 \times 0.16518) \leq 1.5 \times 3.50$
 $V = 17.551 \text{ Kg/cm}^2 \leq 8517.85 \text{ Kg/cm}^2$

Maka kapasitas geser pada dinding A (Tanpa Bukaan) adalah sebesar $17,551 \text{ Kg/cm}^2$, jika dikonversi menjadi beban terpusat maka hasil tersebut harus dikalikan tinggi dinding A dan tebal dari dinding A. Sehingga nilai $V = 17,551 \times 121,33 \times 4,00 = 8517.15 \text{ Kg}$

Catatan:

- Berat isi pasangan bata = 0.00147 Kg/cm^3 , didapat dari berat isi rata-rata pengujian tekan diagonal/uji geser sebanyak 5 sampel
- Berat isi elemen pengekang merupakan berat isi beton normal = 2400 Kg/m^3

b) **Perhitungan menggunakan persamaan dari Wisnumurti *et al***

$$V_t = \alpha_1 \times \tau_{cr} \times l \times t$$

α_1 → Konstanta kuat geser dinding (0,416)

τ_{cr} → Kuat geser dinding, hasil rata-rata yang diperoleh dari pengujian tekan diagonal prisma adalah sebesar 309,44 Kg/cm²

l → Lebar dinding 125,42 cm

t → Tebal dinding pasangan bata 4,00 cm

Semua data diatas diambil dari Lampiran-1

Dengan demikian kuat geser dinding dapat dihitung, sehingga

$$\begin{aligned} V_{t-A} &= \alpha_1 \times \tau_{cr} \times l \times t \\ &= 0,416 \times 3,0944 \times 125,42 \times 4,00 \end{aligned}$$

$$V_{t-A} = 645.7978 \text{ Kg}$$

