

STUDI EKSPERIMENTAL TENTANG PENGARUH UKURAN BATA MERAH SEBAGAI DINDING PENGISI TERHADAP KETAHANAN LATERAL STRUKTUR BETON BERTULANG

Jafril Tanjung¹ dan Maidiawati²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang
jafrihtanjung@ft.unand.ac.id

ABSTRAK

Bata merah merupakan bahan bangunan yang umum digunakan sebagai dinding pengisi pada struktur bangunan beton bertulang di negara berkembang dan rawan bencana gempa bumi seperti Indonesia. Harga yang murah, mudah didapat dan mudah dalam proses konstruksi merupakan alasan utama penggunaan bata merah ini. Dalam proses perencanaan yang umum digunakan saat ini, adanya dinding hanya diperlakukan sebagai komponen non-struktur. Akibatnya, dinding direncanakan tidak mempunyai kontribusi dalam ketahanan struktur dalam menerima beban lateral seperti beban gempa. Akan tetapi, hasil observasi lapangan pasca bencana gempa bumi menunjukkan bahwa banyak struktur bangunan dengan bata merah sebagai dinding pengisi dapat bertahan terhadap gempa bumi dibandingkan dengan struktur bangunan tanpa dinding. Dalam makalah ini, hasil serangkaian pengujian laboratorium akan dibahas untuk mengetahui pengaruh adanya dinding pengisi pada struktur beton bertulang. Pengujian laboratorium difokuskan pada pengaruh ukuran bata merah yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya dinding pengisi akan menunda terjadinya keruntuhan pada struktur beton bertulang yang dikenai beban lateral. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa ketahanan struktur beton bertulang akan meningkat seiring dengan peningkatan ukuran bata merah yang digunakan. Penggunaan ukuran bata merah yang lebih besar juga akan mereduksi kemungkinan terjadinya keruntuhan dinding dalam arah *out of plane*.

Kata kunci: *rekayasa gempa, struktur beton bertulang, ketahanan lateral, dinding masonri, bata merah*

1. PENDAHULUAN

Sebagian besar bangunan, baik bangunan rumah sederhana maupun bangunan bertingkat rendah pada negara berkembang dan rawan bencana gempa bumi seperti Indonesia menggunakan bata merah sebagai dinding pengisi antara struktur. Hasil observasi lapangan pasca gempa bumi yang dilakukan oleh Maidiawati dan Sanada (2008), memberi gambaran tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan bata merah sebagai dinding pengisi pada struktur beton bertulang di kota Padang dan sekitarnya. Beberapa pengaruh yang tidak diinginkan antara lain efek kolom pendek, efek *soft story*, torsi dan keruntuhan dinding dalam *out of plane*, dapat terjadi akibat adanya dinding pengisi. Gambar 1. memperlihatkan kerusakan struktur bangunan akibat efek *soft story* pasca gempa Sumatera Barat 2007. Fenomena *soft story* dapat terjadi akibat penempatan dinding pengisi yang tidak seragam pada setiap elevasi lantai bangunan. Penempatan dinding yang tidak seragam tersebut akan mengakibatkan perbedaan kekakuan yang pada setiap elevasi lantai dan perubahan pola transfer beban pada struktur bangunan. Untuk kasus dalam Gambar 1., penempatan dinding pengisi pada lantai ke-dua hingga lantai ke-empat mengakibatkan komponen struktur lantai dasar menjadi bagian terlemah dari struktur bangunan, sehingga akan mengalami kegagalan dalam menerima beban lateral seperti beban gempa. Fenomena kolom pendek dapat terjadi pada kolom dengan dinding pengisi yang tidak penuh sepanjang ketinggian kolom. Kekakuan antara sebagian kolom yang mempunyai dinding pengisi menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan kekakuan sebagian kolom tanpa dinding pengisi. Dengan demikian, hanya kolom yang tidak ditempati oleh dinding pengisi ini yang berperilaku kolom murni. Fenomena torsi muncul akibat penempatan dinding yang tidak simetris pada bidang elevasi tertentu dalam bangunan. Sebagai konsekuensinya, transfer beban lateral ke komponen struktur pada elevasi tersebut juga akan menjadi tidak simetris. Akan tetapi, pada banyak kasus gempa sedang, maksimum hingga skala VIII MMI, adanya dinding

bata merah memberi kontribusi yang signifikan terhadap ketahanan struktur bangunan beton bertulang dalam menerima beban lateral seperti beban gempa, walaupun struktur bangunan tersebut tidak direncanakan dan didetilkkan untuk dapat menerima beban gempa (Maidiawati dkk, 2011). Gambar 2., memperlihatkan keunggulan penggunaan bata merah sebagai dinding pengisi pada struktur beton bertulang untuk bangunan bertingkat. Struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan akibat gempa Sumatera Barat 2007. Sementara itu, struktur bangunan yang identik dengan struktur bangunan tersebut mengalami keruntuhan. Struktur bangunan yang runtuh tidak menggunakan bata merah sebagai dinding pengisi antar komponen strukturnya (Maidiawati dan Sanada, 2008). Fakta hasil observasi pasca gempa bumi ini mengisyaratkan bahwa dinding mempunyai peranan dalam ketahanan lateral struktur beton bertulang.



Gambar 1. Efek *soft-story*

(Sumber : <https://wiryanto.wordpress.com/2009/10/26/foto-foto-gempa-di-padang/>)



Gambar 2. Bangunan Yang Bertahan Akibat Gempa Sumatera Barat 2007

(Sumber : Maidiawati and Sanada, 2008)

Dalam beberapa dekade terakhir ini telah banyak dilakukan penelitian-penelitian yang berkenaan dengan penggunaan bata merah sebagai dinding pengisi pada struktur beton bertulang. penelitian-penelitian tersebut baik dalam bentuk observasi lapangan, pengujian di laboratorium maupun studi analitik seperti dirangkum dengan baik oleh Bertero dan Brokken (1983), Decanin dkk (2004), Dewobroto (2009), Maidiawati dkk (2012, 2013), Meharbi dkk (2003) dan Pujo dkk (2008). Keberadaan dinding pengisi di antara komponen struktur beton bertulang akan mengubah perilaku transfer beban lateral pada struktur, yakni dari sistem transfer beban pada struktur portal menjadi sistem transfer pada struktur rangka batang. Adanya dinding pengisi di antara komponen struktur akan mengakibatkan meningkatnya kekakuan lateral struktur. Salah satu dari bagian diagonal dinding pengisi akan mengalami gaya tarik, sementara itu bagian diagonal lainnya akan mengalami gaya tekan. Akibatnya kolom akan mengalami peningkatan gaya aksial sekaligus mengalami penurunan gaya lentur dan geser.

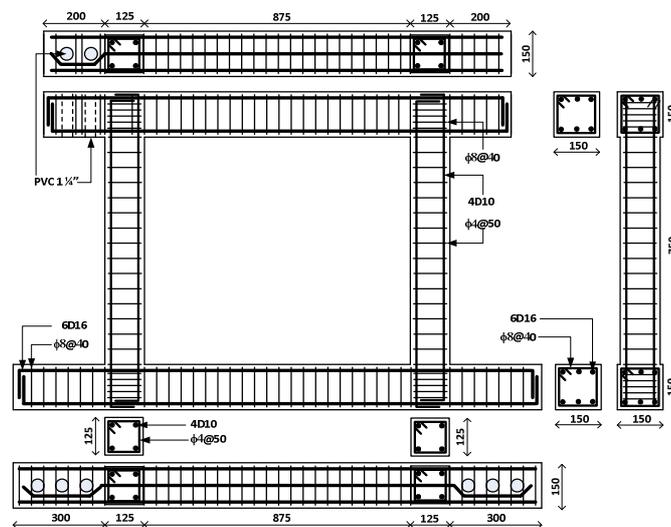
Dalam prakteknya, konstruksi dinding pengisi akan menyatu dengan konstruksi struktur beton bertulang. Walaupun demikian, prosedur perencanaan struktur beton bertulang yang umum digunakan saat ini memperlakukan dinding pengisi hanya sebagai komponen non-struktur (Badan Standarisasi Nasional, 2002, 2002.a; Imran dan Hendrik, 2009). Interaksi antara komponen struktur dan dinding tidak ditinjau dalam proses analisis strukturnya. Dinding hanya memberi kontribusi sebagai beban pada struktur. Oleh karenanya, perencanaan struktur berkemungkinan gagal dalam memprediksi terjadinya efek negatif karena adanya dinding pengisi.

Pengaruh adanya dinding bata merah sebagai bahan pengisi struktur beton bertulang akan dibahas dalam makalah ini berdasarkan hasil serangkaian pengujian struktur beton bertulang di laboratorium. Pengujian di laboratorium difokuskan untuk mengetahui pengaruh ukuran bata merah terhadap ketahanan lateral struktur beton bertulang. Ketahanan lateral struktur beton bertulang diprediksi akan meningkat jika ukuran bata merah diperbesar karena daerah kontak antara dinding dan komponen struktur akan menjadi lebih luas pada dinding yang menggunakan bata merah yang lebih besar.

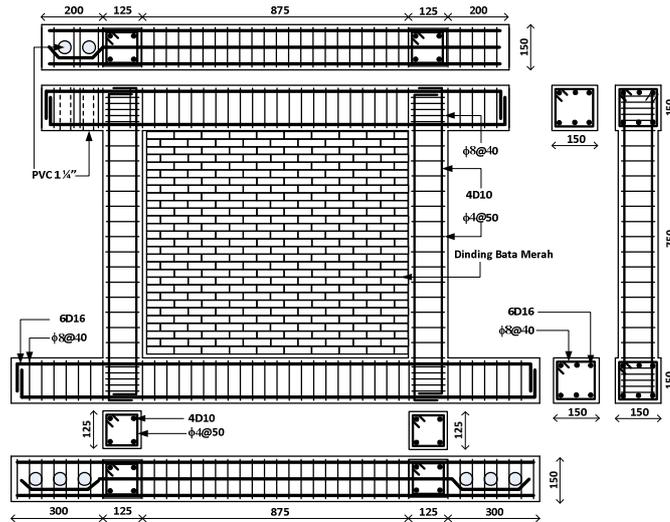
2. METODOLOGI

Dalam studi ini, tiga benda uji telah dipersiapkan dan diuji pada Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang. Benda uji-benda uji tersebut adalah benda uji berupa struktur portal beton bertulang tanpa dinding pengisi (BF), benda uji berupa struktur portal beton bertulang dengan bata merah skala 1:4 sebagai dinding pengisi (S14) dan benda uji berupa struktur portal beton bertulang dengan bata merah skala 1:2 sebagai dinding pengisi (S12). Detail struktur portal beton bertulang tanpa dan dengan bata merah sebagai dinding pengisi diperlihatkan dalam Gambar 3. Struktur portal beton bertulang terdiri atas dua kolom dengan dimensi 125 mm x 125 mm dan dua balok, yakni balok atas dan balok bawah, dengan dimensi 150 mm x 150 mm. Mengingat bahwa alat uji berupa loading frame hanya dapat menguji benda uji dengan ketinggian maksimum 1100 mm, maka benda uji dalam studi ini diperkecil dengan skala 1:4.

Dengan skala 1:4, ukuran kolom benda uji 125 mm x 125 mm ekuivalen dengan ukuran kolom 500 mm x 500 mm, yang merupakan ukuran kolom tipikal struktur beton bertulang bangunan berlantai tiga hingga empat di kota Padang dan sekitarnya. Kolom menggunakan tulangan longitudinal 4D10 mm ($\rho=0.022$) dan baja tulangan geser $\phi 4$ mm @ 50 mm serta balok menggunakan baja tulangan longitudinal 6D16 mm ($\rho=0.058$) dan baja tulangan geser $\phi 8$ mm @ 40 mm. Ukuran dan rasio tulangan yang lebih besar pada balok dimaksudkan untuk memberi kekakuan yang lebih besar pada balok dibandingkan dengan kekakuan kolom. Selama masa pengujian, balok direncanakan untuk tidak mengalami kerusakan, oleh karenanya, perilaku kolom dapat diamati dari awal pengujian hingga mengalami keruntuhan. Mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 23.1 MPa. Mutu baja (f_y) tulangan D16 adalah 488 MPa, D10 adalah 417 MPa, $\phi 8$ adalah 333 MPa dan untuk $\phi 4$ adalah 235 MPa.

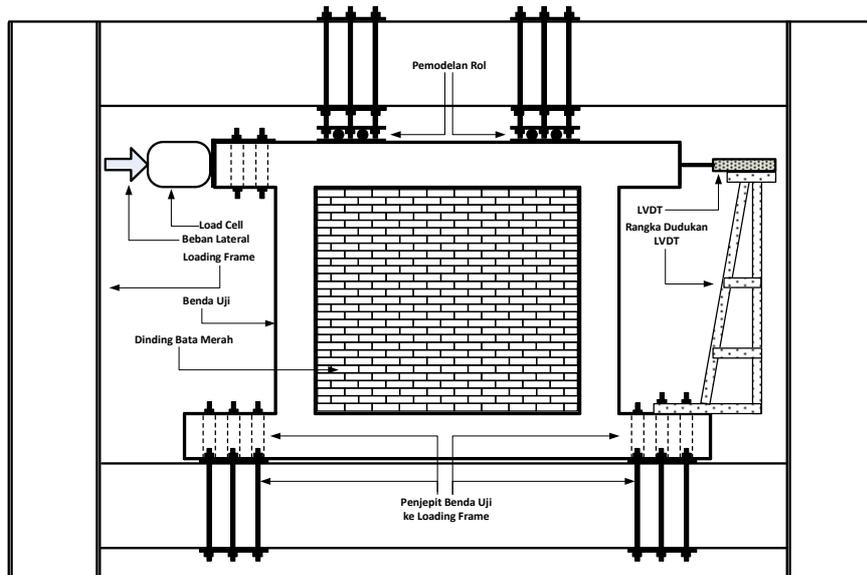


(a) Benda Uji Tanpa Dinding



(b) Benda Uji Dengan Dinding Bata Merah
 Gambar 3. Detail Benda Uji

Bata merah sebagai dinding pengisi antar komponen struktur juga diperkecil dengan skala 1:4. Dimensi bata merah skala 1:4 adalah 45 mm x 22.5 mm x 12.5 mm, direkatkan satu dengan lainnya dengan menggunakan mortar dengan ketebalan sekitar 5 mm. Untuk mengetahui pengaruh ukuran bata merah terhadap ketahanan lateral struktur beton bertulang, bata merah skala 1:2 juga digunakan dalam studi ini. Dimensi bata merah skala 1:2 adalah 90 mm x 45 mm x 25 mm. Sketsa benda uji dimana bata merah sebagai dinding pengisi pada struktur portal beton bertulang, diperlihatkan dalam Gambar 3.b.



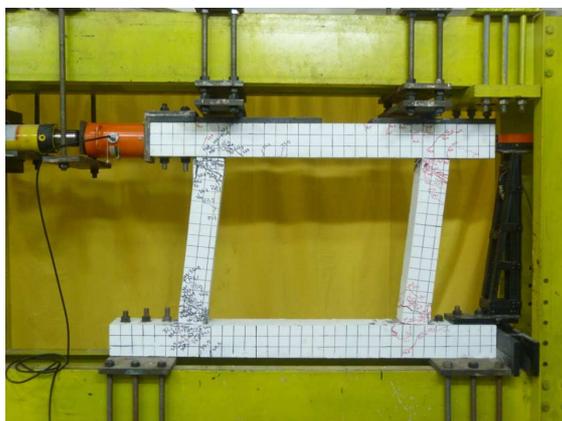
Gambar 4. Sistem Pembebanan dan Pengujian

Benda uji yang telah dipersiapkan, seperti tergambar dalam Gambar 3, selanjutnya ditempatkan ke alat uji berupa *loading frame*. Balok bawah benda uji dijepit ke *loading frame* menggunakan baut dan mur. Balok bawah direncanakan untuk tidak bergerak selama pengujian berlangsung. Pada permukaan bagian atas balok atas ditempatkan pelat baja dan batangan baja bulat untuk memodelkan perilaku *rol* pada bagian atas benda uji. Balok atas ini direncanakan untuk bergerak hanya dalam arah horizontal searah dengan beban lateral yang diberikan. Perilaku balok ini memodelkan perilaku *rigid floor* yang umum digunakan untuk memodelkan struktur bangunan berlantai banyak beton bertulang. Beban lateral diaplikasikan pada permukaan penampang balok atas bagian kiri hingga benda uji mengalami kehancuran (*pushover*). Perangkat LVDT ditempatkan pada dudukan rangka baja sederhana pada ujung kanan benda uji. Dudukan LVDT ini dibuat untuk menjamin bahwa perpindahan lateral yang diukur oleh LVDT merupakan perpindahan lateral balok atas relatif terhadap balok bawah. Besarnya beban lateral yang diberikan, besarnya perpindahan lateral

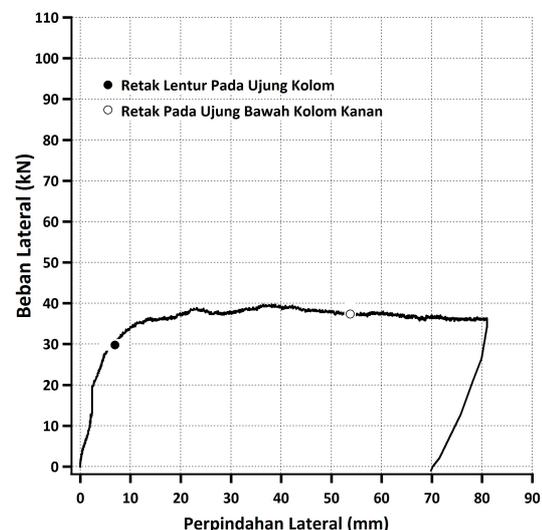
yang terjadi serta adanya retak dan pola keruntuhan yang terjadi, direkam dan diamati selama pengujian berlangsung. Skematik sistem pengujian dalam studi ini diperlihatkan dalam Gambar 4.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 hingga Gambar 7 memperlihatkan hasil pengujian ketiga benda uji struktur portal beton bertulang. Photo dalam butir (a) memperlihatkan kondisi benda uji pada akhir pengujian, sedangkan dalam butir (b) menampilkan hasil rekaman pembebanan lateral yang diterapkan dan perpindahan lateral yang terjadi pada balok atas benda uji. Perilaku transfer beban lateral yang mengikuti pola transfer beban pada struktur portal terlihat jelas pada benda uji yang tidak menggunakan bata merah sebagai dinding pengisi (BF). Seperti yang diharapkan, balok atas berperilaku sebagai *rigid floor*, dimana gaya yang bekerja pada balok atas didominasi oleh gaya aksial dan retak lentur tidak terjadi pada balok atas selama pengujian berlangsung. Kontras dengan balok atas, kedua kolom didominasi oleh momen lentur dan gaya geser. Perilaku ini ditandai dengan munculnya retak lentur pada kolom ketika pembebanan lateral sekitar 30 kN dan perpindahan lateral sekitar 8 mm. Pembebanan lebih lanjut pada akhirnya akan mengakibatkan retak pada ujung kolom kanan bagian bawah yang disebabkan oleh gaya geser yang terjadi. Retak pada ujung kolom dimulai ketika perpindahan lateran mencapai sekitar 53 mm.



(a) Kondisi Akhir Pengujian



(b) Riwayat Pembebanan Benda Uji

Gambar 5. Hasil Uji Benda Uji Struktur Portal Tanpa Dinding (BF)

Dengan adanya bata merah sebagai dinding pengisi pada struktur portal pada benda uji S14 dan S12, mengakibatkan pola transfer beban lateral pada benda uji berubah menjadi seperti pola transfer beban pada struktur rangka batang. Gaya pada balok atas tetap didominasi oleh gaya aksial. Pada dinding pengisi akan muncul gaya tarik pada salah satu diagonalnya dan gaya tekan pada diagonal yang lain. Gaya aksial akan meningkat pada kedua kolom, sementara momen lentur dan gaya geser tereduksi. Gaya tarik yang terjadi pada dinding pengisi akan menimbulkan retak pada diagonal dinding. Pada benda uji S14, peningkatan gaya tekan pada salah satu diagonalnya menyebabkan terjadinya keruntuhan *out of plane*. Karena luas kontak yang lebih besar pada benda uji S12, fenomena keruntuhan *out of plane* tidak terjadi.

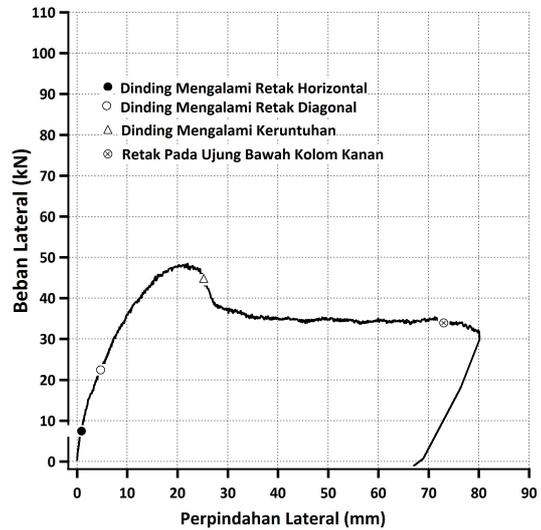
Beban lateral yang diterapkan pada benda uji S14 dan S12, sebagian besar akan ditransfer melalui dinding pengisi hingga dinding pengisi mengalami keruntuhan. Setelah dinding mengalami keruntuhan, pola transfer beban lateral kembali ke pola transfer beban pada struktur portal beton bertulang. Retak lentur yang lebih sedikit pada benda uji S14 dan S12 dibandingkan yang terjadi pada benda uji BF mengindikasikan pengurangan momen lentur akibat adanya dinding pengisi. Karena pada awal pembebanan hingga dinding mengalami keruntuhan sebagian besar beban lateral diterima oleh dinding pengisi, maka keruntuhan struktur beton bertulang menjadi tertunda. Munculnya retak pada ujung kolom baru terjadi setelah balok atas berdeformasi secara lateral lebih dari 70 mm.

Adanya dinding pengisi juga mengakibatkan gaya aksial meningkat pada kedua kolom. Peningkatan gaya aksial ini terlihat dengan jelas pada benda uji S12 dimana ujung kolom kanan bagian bawah mengalami

kerusakan akibat menerima beban aksial yang relatif besar. Kerusakan ujung kolom ini tidak terlihat pada benda uji S14 karena dinding telah mengalami keruntuhan sebelum ujung kolom kanan bagian bawah mengalami kerusakan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pola transfer beban pada benda uji S14 ini kembali ke pola transfer beban struktur portal beton bertulang setelah mengalami keruntuhan, dimana gaya pada kolom didominasi oleh momen lentur dan gaya geser.

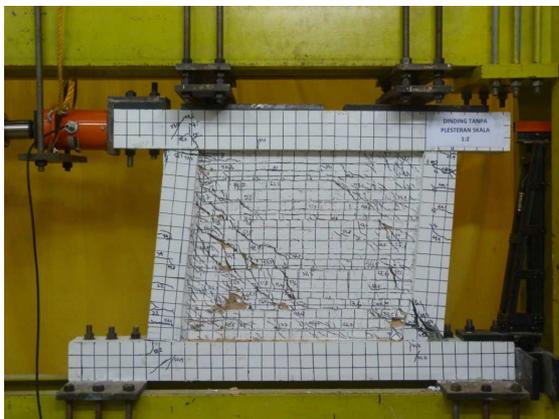


(a) Kondisi Akhir Pengujian

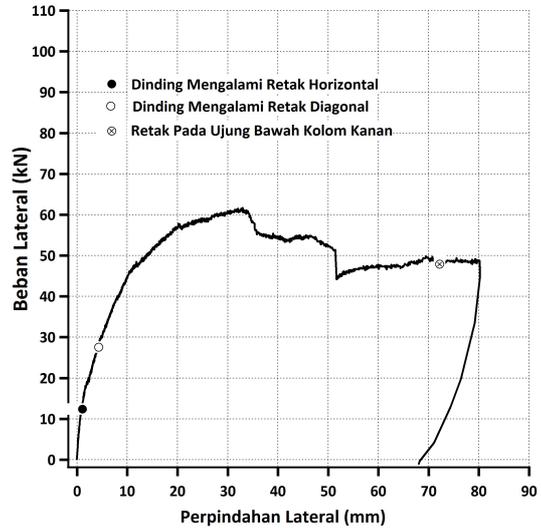


(b) Riwayat Pembebanan Benda Uji

Gambar 6. Hasil Uji Benda Uji Struktur Portal Dengan Dinding Skala 1:4 (S14)



(a) Kondisi Akhir Pengujian



(b) Riwayat Pembebanan Benda Uji

Gambar 7. Hasil Uji Benda Uji Struktur Portal Dengan Dinding Skala 1:2 (S12)

Membanding hasil pengujian pada butir (b) dalam Gambar 5. hingga Gambar 7. memperlihatkan bahwa penggunaan bata merah sebagai dinding pengisi struktur portal beton bertulang dapat meningkatkan ketahanan lateral struktur. Peningkatan sekitar 20% diperoleh untuk benda uji yang menggunakan bata merah skala 1:4 (S14) dan peningkatan hingga 52.5% untuk benda uji yang menggunakan bata merah skala 1:2 (S12). Peningkatan ketahanan lateral ini disumbangkan oleh peningkatan kekakuan struktur dan peningkatan luas bidang kontak antara komponen struktur beton bertulang dengan dinding pengisi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang telah dibahas di atas, disimpulkan bahwa penggunaan bata merah sebagai dinding pengisi struktur portal beton bertulang dapat meningkatkan secara signifikan ketahanan lateral struktur. Peningkatan ketahanan lateral struktur meningkat seiring dengan peningkatan ukuran bata merah yang digunakan. Adanya dinding pengisi menyebabkan perubahan pola transfer beban lateral dari pola transfer beban pada struktur portal menjadi pola transfer beban pada struktur rangka batang. perubahan pola transfer beban ini mengakibatkan keruntuhan *out of plane* pada struktur yang menggunakan bata merah skala 1:4 sebagai dinding pengisi dan mengakibatkan kerusakan pada ujung kolom untuk benda uji yang menggunakan bata merah skala 1:2 sebagai dinding pengisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Studi ini dibiayai oleh Penelitian Fundamental Batch I Tahun Anggaran 2015 LPPM-Universitas Andalas dengan Nomor Kontrak 11/H.16/FUNDAMENTAL/LPPM/2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *SNI 03-1726-2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002a. *SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, BSN, Jakarta.
- Bertero V.V and Xie Brokken S.T., 1983. Infills in Seismic Resistant Building. *J. Struct. Eng.*, 109(6), 1337-1361.
- Decanin, L., Mollaioli, F., Mura, A., Saragoni, R., 2004. Seismic Performance of Masonry Infilled R/C Frames, disajikan pada *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada.
- Dewobroto W, 2009. *Foto-foto gempa di Padang*. <https://wiryanto.wordpress.com/2009/10/26/foto-foto-gempa-di-padang/> [diakses pada tanggal 7 November 2015]
- Imran, I., Hendrik, F., 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, Penerbit ITB, Bandung.
- Maidiawati, Sanada, Y., 2008. Investigation and Analysis of Buildings Damaged during the September 2007 Sumatra Indonesia Earthquakes. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7 (2), 371-378.
- Maidiawati, Sanada, Y., Konishi, D., and Tanjung, J., 2011. Seismic Performance of Nonstructural Brick Walls Used in Indonesian R/C Buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 10 (1), 203-210.
- Meharbi, A.B., Shing, P.B., 2003. Seismic Analysis of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames. *TMS Journal September*.
- Pujo, S., Climent, A.B., Rodriguez, M.E., Pardo, J.P.S., 2008. Masonry Infill Walls: An Effective Alternative for Seismic Strengthening of Low-Rise Reinforced Concrete Building Structures, disajikan pada *14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.